

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

«На правах рукопису»
УДК 621.317.75

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Єременко ВОЛОДИМИР

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-науковою програмою «Метрологія та вимірювальна техніка»

зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

на тему: «Підсистема лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи»

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ПА-91мп

Павлишин Максим Ігорович _____

Керівник:

Кандидат технічних наук, доцент

Самарцев Юрій Миколайович _____

Консультант зі стартап-проекту:

Доктор економічних наук, доцент кафедри менеджменту,

Бояринова Катерина Олександрівна _____

Рецензент:

К. т. н, доцент

Петрик Валентин Федорович _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

Факультет приладобудівний
(повна назва)

Кафедра інформаційних вимірювальних технологій
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Єременко ВОЛОДИМИР
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Павлишин Максим Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Підсистема лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи

науковий керівник дисертації Самарцев Юрій Миколайович, к.т.н., доц.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації 08.12.2020

3. Об'єкт дослідження Методи розрахунку координат прицільної сітки зброї у межах обмеженого просторового орієнтування

4. Предмет дослідження

Підсистема лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Розробка математичної моделі для опису процесів лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи; розробка структури інформаційно-вимірювальної системи лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи; вибір основних схемних

рішень вузлів системи та розробка алгоритмів керування; проведення досліджень роботи розробленої системи; розробка стартап-проекту.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу презентація

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації^{1*}

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання: 01.09.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз існуючих підходів до лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи	01.09.2020 – 20.09.2020	
2	Розробка математичної моделі для опису процесів лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи	21.09.2020 - 10.10.2020	
3	Розробка структури інформаційно-вимірювальної системи лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи	11.10.2020 – 31.10.2020	
4	Вибір основних схемних рішень вузлів системи та розробка алгоритмів керування	01.11.2020 – 15.11.2020	
5	Проведення досліджень роботи розробленої системи	16.11.2020 – 30.11.2020	
6	Розробка стартап-проекту	01.12.2020 – 07.12.2020	
7	Оформлення розділів та підготовка до захисту	08.12.2020 – 15.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

^{1*} Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: “Підсистема лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи”

Об'єкт дослідження: Методи розрахунку координат прицільної сітки зброї у межах обмеженого просторового орієнтування

Предмет дослідження: Підсистема лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи

Мета роботи: Розробка підсистеми лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи задля покращення точності наведення зброї.

Методи дослідження та апаратура: Програма накладання декількох відеосигналів та обробки вхідних зовнішніх даних здійснюється завдяки мові програмування Python. Розробка принципової схеми відбувалася завдяки спеціальному програмному середовищу P-CAD 2006 SP2, що була спеціально створена для проектування електроніки. Мікропроцесори та оціночні плати було обрано завдяки розробкам компанії Analog Devices.

Результати роботи: Протягом виконання завдання на магістерську дисертацію було розроблено методи підвищення точності тепловізійної прицільної системи шляхом розробки та інтегрування підсистеми лінійних вимірювань. Знайдено оптимальні вузли системи, що не поступаються закордонним аналогам за своєю якістю та інтенсивністю роботи, маючи набагато нижчі цінові характеристики. Розроблено програму накладання декількох відеосигналів задля отримання тепловізійного зображення на дисплей керування.

ABSTRACT

Master's dissertation on the topic: "Subsystem of linear measurements of thermal imaging sighting system"

Object of research: Methods of calculation of coordinates of a sighting grid of the weapon within the limits of limited spatial orientation

Subject of research: Subsystem of linear measurements of thermal imaging sighting system

Purpose: Development of a subsystem of linear measurements of thermal imaging sighting system to improve the accuracy of aiming weapons.

Research methods and equipment: The program of overlapping of several video signals and processing of input external data is carried out thanks to Python programming language. The development of the circuit diagram took place thanks to a special software environment P-CAD 2006 SP2, which was specially created for the design of electronics. Microprocessors and evaluation boards were selected thanks to the developments of Analog Devices.

Results of work: During the task for the master's dissertation methods were developed to increase the accuracy of the thermal imaging sighting system by developing and integrating a subsystem of linear measurements. The optimal components of the system were found, which are not inferior to foreign analogues in terms of their quality and intensity of work, having much lower price characteristics. A program for overlaying several video signals to obtain a thermal imaging image on the control display has been developed.

Зміст

Вступ.....	9
1) АНАЛІЗ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ.....	10
1.1 Блок живлення.....	10
1.1.1 Літій-іонні акумулятори.....	10
1.1.2 Нікель-кадмієві акумулятори.....	11
1.1.3 Свинцево-кислотні акумулятори.....	12
1.1.4 Літій-полімерні акумуляторні батареї.....	13
1.1.5 Літій-марганцеві акумулятори.....	14
1.2 Дисплей керування.....	15
1.2.1 LCD.....	15
1.2.2 TFT.....	16
1.2.3 IPS.....	17
1.2.4 RETINA.....	18
1.2.5 E-ink.....	19
1.2.6 OLED\AMOLED\SUPERAMOLED.....	20
1.3 Камера.....	21
1.3.1 AHD.....	22
1.3.2 HDTVI.....	23
1.3.3 HDCVI камери.....	24
1.3.4 Turbo-HD камери.....	24
1.3.5 IP відеокамери.....	25
1.3.6 HD-SDI камери.....	26
1.4 Оціночна плата.....	27
1.5 Тепловізори.....	30
1.5.1 Класифікація тепловізорів.....	31
Висновок.....	35

2) ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ

ПІДСИСТЕМИ.....	37
2.1 Далекомір.....	37
2.2 Розрахунок траєкторії польоту.....	38
2.2.1 Балістичні таблиці.....	40
2.3 Якість відображення.....	44
Висновок.....	46

3) ФУНКЦІЙНА СХЕМА ПІДСИСТЕМИ ЛІНІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ПРИЦІЛЬНОЇ СИСТЕМИ.....

3.1 Блок живлення.....	47
3.2 Блок прийому сигналу.....	48
3.3 Блок пам'яті.....	50
3.4 Далекомір.....	50
3.5 Мікропроцесор.....	51
3.6 Дисплей керування.....	52
3.7 Тепловізор.....	53
3.8 Схеми функційна підсистеми лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи.....	54
Висновок.....	55

4) АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ПОХИБОК.....

4.1 Похибка балістичних таблиць.....	56
4.2 Похибка далекоміра.....	58
4.3 Похибка тепловізора.....	59
Висновок.....	61

5) РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ «ПІДСИСТЕМА ЛІНІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ПРИЦІЛЬНОЇ СИСТЕМИ».....

62

5.1 Опис ідеї проєкту	62
5.2 Технологічний аудит ідеї проєкту	64
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту.....	66
5.4 Розроблення ринкової стратегії проєкту.....	77
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту.....	80
Висновок.....	84
ВИСНОВКИ.....	86
Список використаних джерел	87

ВСТУП

У зв'язку з сьогоденною ситуацією в Україні і світі в цілому, багато уваги приділяється саме військовій сфері. Великі кошти витрачаються на дослідження та винайдення новітніх технологій спостереження та засобів точного наведення.

Українська армія використовує велику кількість імпоротної продукції. Однак, в наш час отримується доволі високе фінансування для розроблення вітчизняних аналогів.

У даній магістерській дисертації розглянуто вирішення проблеми ведення бойових дій та збору інформації у темну пору доби. Були розглянуті вже існуючі рішення даного питання, на підставі яких було розроблено новітню тепловізійну прицільну систему та систему лінійних вимірювань у ній.

На мою думку, створення подібної системи дасть поштовх до розвитку вітчизняного виробництва та дозволить українській армії бути більш незалежною від імпортних аналогів озброєння.

1. Аналіз компонентів системи

1.1 Блок живлення

Для довгої і безперервної роботи системи одним за найбільш важливих аспектів є забезпечення якісного живлення.

Види електричного живлення можна поділити на

- провідні;
- безпровідні.

Провідне енергозабезпечення є більш безпечним та є запорукою безперервної подачі електроенергії до системи. Однак, даний метод може бути застосованим лише у випадку встановлення тепловізійної системи прицілювання на засоби військової техніки з автономним енергопостачанням. Наприклад, танк чи бронетранспортер, які працюють за допомогою паливних двигунів та генераторів.

Проте, при розробці даного проєкту була реалізована можливість мобільного використання за допомогою оператора керування. Ним виступає спеціально навчена людина, що має доступ до всього функціоналу системи.

Отже, розглянемо види акумуляторів, які можна використати в даній магістерській дисертації:

1.1.1 Літій-іонні акумулятори



Рис. 1.1 - Літій-іонний акумулятор

Даний вид акумуляторів є найширшим у сьогоденному використанні. Їх можна знайти у багатьох предметах побуту, що потребують електропостачання (наприклад пульти дистанційного керування, ліхтарик, телефон тощо).

Вони працюють за принципом хімічної взаємодії хімічних елементів (літій-феро-фосфати). Їх головними перевагами є широкий доступ, низька ціна та велика кількість циклів перезарядки.

Однак, як відомо, даний вид батареї є вибухонебезпечним, що є величезним недоліком для використання у подібних системах. До того ж, ємність даних акумуляторів сильно залежить від погодних умов (при низьких температурах він втрачає свої здібності.)

1.1.2 Нікель-кадмієві акумулятори



Рис. 1.2 - Літій-кадмієвий акумулятор

Даний вид елементів живлення працює за схожою схемою, як літій-іонні (використання хімічних процесів), проте анадом виступає кадмій електролітом - гідроксид калію з додаванням гідроксиду літію.

Однак, даний тип батареї має таку особливість як “ефект пам'яті”. Вона заключається в тому, що для повної перезарядки акумуляторів, рівень їх заряду повинен дорівнювати нулю, що не є зручним для використання у польових випробуваннях та використанні у військових діях. До того ж, добре відомо, що кадмій являє собою токсичний метал, що может нанести шкоду здоров'ю оператора керування.

1.1.3 Свинцево-кислотні акумулятори



Рис. 1.3 - Свинцево-кислотний акумулятор

Перевагами даного типу є велика ємність і низька собівартість. Не дивлячись на дані плюси буде недоцільним його використання через великі габарити та вагу. Це може значно вплинути на мобільність та варіативність пересування системи та оператора.

1.1.4 Літій-полімерні акумуляторні батареї



Рис. 1.4 - Літій-полімерний акумулятор

Загалом, даний тип акумуляторів являє собою більш досконалий літій-іонний, однак у якості електроліта використовуються полімерні матеріали. Він знайшов широке використання у мобільних телефонах, цифровій техніці, радіокеровальні системи та ін. До того ж, літій-полімерний акумулятор має низький рівень саморозряду, що є чи не найбільшою його перевагою.

Однак, даний тип елементу живлення має найменшу питому ємність та мала кількість циклів перезарядки, через що його використання не є доцільним для даної мети.

1.1.5 Літій-марганцеві акумулятори



Рис. 1.5 - Літій-марганцеві акумулятори

Завдяки низькому внутрішньому опору даний тип акумуляторів значно переважає інші аналоги у швидкості зарядки та високе можливе значення сили току. До того ж, він здатен витримувати імпульси до 50А і не завдавати шкоди ані стану самої батареї та системи в цілому. Літій-марганцеві акумулятори широко застосовуються для потужних інструментів, медичного обладнання а також у гібридних двигунах та електротранспорті.

До того ж, величезною перевагою є його вибухобезпечність. А, оскільки, збереження здоров'я носія системи (оператора) є одним з найважливіших факторів - його використання у подібній системі прицілювання є більш ніж доцільним.

1.2 Дисплей керування

Задля коректної роботи пристрою та комфортної роботи користувача із тепловізійної прицільною системою необхідно обрати найкращий варіант дисплею керування.

Отже, розглянемо уже існуючі рішення і оберемо те, що задовольнятиме умови нашої системи.

1.2.1 LCD



Рис. 1.6 - LCD дисплей

LCD (або звичайний рідкокристалічний екран) являє собою найбільш широко використовуваний у сьогоденні. Для отримання зображення на цьому дисплеї виробники використовують рідкокристалічну матрицю із підсвіткою позаду. Подібний дисплей має високоякісно передачу кольорів, проте, на відміну від своїх конкурентів має невисокий контраст. До того ж, LCD не завжди дає гарне зображення при денному світлі. Проте, це не є великою проблемою для інтегрування його у тепловізійну прицільну систему, адже найбільш широкого використання вона набуває у нічний час доби або у погано освітленому просторі.

1.2.2 TFT



Рис. 1.6 - TFT дисплей

TFT-дисплеї використовують тонкоплівкові транзистори. Таким чином, даний тип дисплеїв являє собою вдосконалений LCD. Тут, активна матриця керується даними з транзисторів. Такі екрани мають високу контрастність та швидкодію.

Принцип дії полягає у тому, що кожен піксель керується окремим транзистором, що значно зменшує вірогідність перешкод сигналу та збільшує загальну чіткість картинки.

Найбільш широкого використання TFT- дисплеї набули у виробництві мобільних телефонів низької вартості, однак вони мають значно кращу якість зображення на відміну від пасивних LCD-дисплеїв.

1.2.3 IPS

Екрани IPS (In Plane Switching) являє собою наступний крок у еволюції TFT-дисплеїв. IPS має більш коректну передачу кольорів і широкий кут огляду на відміну від інших типів екранів.



Рис. 1.7 - Дисплей розроблений на основі IPS матриці

На сьогоднішній день вони вирізняються більш досконалыми рідкокристалічними системами, що здатні забезпечити чітке зображення навіть при найгостріших кутах.

Проте, його собівартість значно більша від того ж TFT або LCD, через що його використання у тепловізійній прицільній системі вимірювання не є доцільним.

1.2.4 RETINA

Даний тип екрану був розроблений американською компанією Apple. Його відміною є те, що даний тип LCD-дисплею має у собі настільки малі пікселі, що людське око не здатне побачити його неозброєним.



Рис. 1.6 - RETINA

Вони розташовані настільки близько один до одного, що побачити відстань між ними майже неможливо.

Подібні дисплеї забезпечують чітку картинку та дозволяють користувачу довго працювати перед екраном через те, що Retina дає набагато менші навантаження на очі людини.

Однак, варто зазначити, що його виробництво є одним із найдорожчих, тому він навряд підійде для низьких витрат ресурсів при розробці даного проєкту.

1.2.5 E-ink

Даний тип дисплею був створений для використання в електронних книгах. Його особливістю є монохромна матриця, що дозволяє зменшити енерговитрати та не напружує очі при довгій роботі.

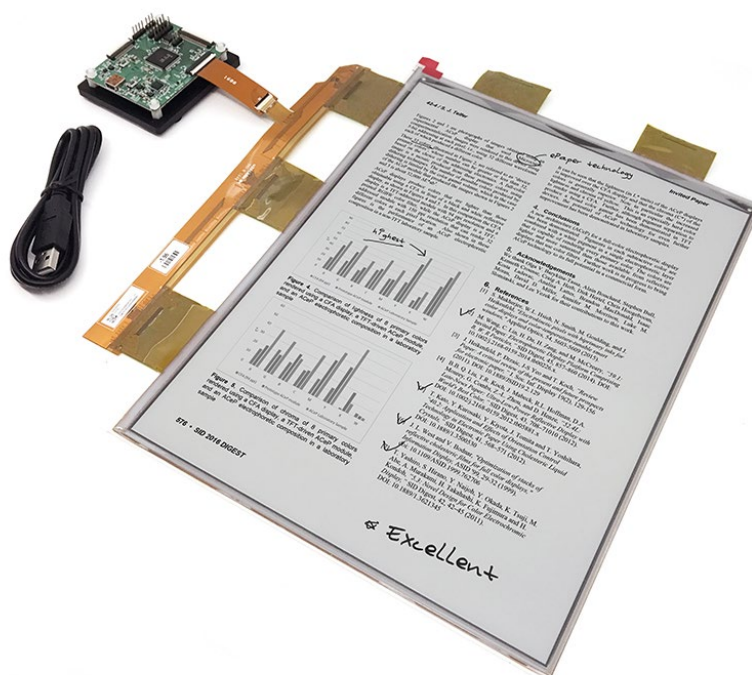


Рис. 1.8 - E-ink дисплей з електронної книги

Але цей дисплей недоцільно використовувати для тепловізійних систем адже він не може відображувати кольори.

1.2.6 OLED\AMOLED\SUPERAMOLED



Рис. 1.9 - OLED дисплей

Даний тип дисплеїв виконаний на органічних світлодіодах, що не використовують задню підсвітку, а випромінюють світло самі собою, що дозволяє зменшити енерговитрати. Також до переваг такого дисплею можна віднести наближений до ідеального чорний колір.

AMOLED використовує для управління матриці слой TFT транзисторів що зменшує товщину виробу.

SuperAMOLED порівняно з AMOLED приборав з багатослойної структури слой скла та сенсорних елементів що дозволило збільшити чіткість в 5 разів.

1.3 Камера

Також, варто зазначити, що вкрай важливим є процес обрання камери, на яку, власне, і поступатиме вхідний сигнал. Як ми розуміємо, даний елемент системи має якісно передавати зовнішні дані для їх подальшої обробки у системі та виведенні на дисплей керування.

Отже, розглянемо які ж саме сучасні рішення можна використати у даній системі.

Стандартно, усі відеокамери діляться на два типи: аналогові та цифрові. В основному, відмінність полягає у методі обробки даних та передачі відеосигналу.

Перший тип камер приймає сигнал у аналоговому вигляді, після чого оцифровується камерою для обробки даних. Наступним етапом є перетворення сигналу назад до аналогового вигляду задля подальшої обробки. Після цього, сигнал передається дротовим зв'язком (частіше за все, за допомогою коаксіального кабелю) на дисплей, що оцифровує сигнал та кодує його.



Рис. 1.10 - приклад роботи відеокамери

У цифровій камері сигнал не перетворюється в аналоговий для передачі даних, а одразу відправляється на дисплей вже в оцифрованому вигляді. Також, він може кодуватися попередньо, або передаватися без процесу кодування та не стиснутим.

Також, розглянемо варіанти більш детально (за видами камер).

1.3.1 AHD

AHD камери являють собою так званий стандарт, завдяки чому вона набула широкого використання у сучасному побуті. Найбільшими їх перевагами вважають можливість передавати зображення у високій якості.

Це може бути як 720р так і 1080р. Також, вони можуть передавати 3 типи сигналів одночасно, а саме:

- звук
- зображення
- керування



Рис. 1.11 - АHD камера

До того ж, вони мають змогу передавати зображення у реальному часі без будь-яких затримок. Варто відзначити, що даний тип камер має змогу передавати інформацію на відстань до 500 метрів дротовим з'єднанням без затухання самого сигналу.

1.3.2 HDTVІ камери

Загалом, HDTVІ камери є також широко розповсюдженими у сьогоденному світі.



Рис. 1.12 - HDTVI камера

Даний тип камери, також має змогу передавати до трьох типів сигналу, має дальність передачі даних до 500 метрів (без втрат якості цього сигналу).

Більш того, HDTVI камери були розроблені компанією Hikvision, проте це не заважає їй справно працювати з реєстраторами інших торгових камер, що є доволі важливим плюсом у процесі обрання елементу системи.

1.3.3 HDCVI камери

Даний тип камер не сильно відрізняється за своїми характеристиками від попередніх двох. Проте, HDCVI - є закритою технологією фірми Dahua.

Однак, не зважаючи на це, HDCVI реєстратори працюють із трьома типами камер: старими аналоговими, HDCVI та IP.

1.3.4 Turbo-HD камери

Загалом Turbo-HD камери являють собою тої ж відомої фірми Hikvision, однак мають у своєму товарному ряді і такі прилади, що можуть передавати сигнал у якості більш ніж 1080p (сама камера повинна бути більшою ніж 3Мп).



Рис. 1.13 - Turbo-HD камери

1.3.5 IP відеокамери

На відміну від аналогових відеокамер IP передають відеопотік одразу у цифровому, стиснутому і закодованому вигляді. Для передачі даних такий тип відеокамер використовує не коаксіальний кабель, а оптоволокно чи виту пару, тобто сітьовий кабель.



Рис. 1.14 - IP камера

Більш того, вони не прив'язані до реєстратора, а отже їх можна встановлювати в будь-якомі місті та на будь-якій відстані від оператора чи дисплею керування.

Головною перевагою IP-камер є якість зображення, що вони передають зображення у якості до 4К. До того ж, вони не потребують окремого кабелю для живлення (в нашій системі з акумулятора).

Однак, IP-камери мають декілька величезних недоліків. А саме:

- висока собівартість
- для користування системою оператор повинен мати спеціальну освіту
- відео передається з невеликою затримкою (на відміну від HDTVI та ін.)
- можуть бути присутні нечіткі зони зображення
- система IP камер може бути зараженою вірусами
- відеотрафік від подібних систем дає велике навантаження на канал

1.3.6 HD-SDI камери



Рис. 1.15 - HD-SDI камера

Даний тип камер відноситься до професійних, а тому вартість таких камер є доволі високою. Однак, через його переваги над аналогами ми також

включаємо HD-SDI до можливих рішень. Одними з найголовніших переваг є:

- а) передають відео високої якості
- б) зображення поступає без затримок
- в) використовується коаксіальний кабель (низька вартість)

Однак, вони не здатні на передачу даних більш ніж 100-150 метрів і мають високі вимоги при виборі коаксіального кабелю.

Також, нижче наведена порівняльна таблиця даних видів камер, де можна розглянути коротку характеристику кожної з них:

Технология	Аналог 960H	AHD	HDCVI	HD-TVI	HD-SDI	IP
Стандарт	открытый	открытый	закрытый	открытый	открытый	открытый
Матрица и процессор	CCD+DSP	CMOS+ISP	CMOS+ISP	CMOS+ISP	CMOS+ISP	CCD/CMOS+DSP
Тип видеосигнала	аналоговый	аналоговый	аналоговый	аналоговый	цифровой	цифровой
Качество картинки	удовлет.	хорошее	хорошее	хорошее	отличное	хорошее
Разрешение	700TVL	720P/1080P	720P/1080P	720P/1080P	1080P	720P/1080P и больше
Совместимость с существующей коаксиальной инфраструктурой	высокая	высокая	высокая	высокая	средняя	нужен конвертер
Возможность одновременной работы в системе 3 типов камер (аналог, HD аналог и IP)	нет	да	да	нет	нет	нет
Сложность установки	средняя	низкая	средняя	низкая	средняя	высокая
Максимальное расстояние линии от камеры без повторителя, м	200	500	500	500	150	100
Тип кабеля	коаксиал	коаксиал	коаксиал	коаксиал	коаксиал	витая пара
Требования к качеству кабеля	средние	низкие	средние	низкие	высокие	низкие
Сигнал	CVBS	CVBS	CVBS	CVBS	SDI	IP
Сжатие/потери	нет	нет	нет	нет	нет	есть
Задержки	нет	нет	нет	нет	нет	есть
Видеорегистратор	960H DVR	AHD DVR	HDCVI DVR	HDTVI DVR	SDI DVR	NVR
Сложность обслуживания	низкая	низкая	низкая	низкая	низкая	высокая
Стоимость решения	низкая	низкая	средняя	низкая	высокая	высокая

Рис. 1.15 - Порівняльна таблиця типів відеокамер

1.4 Оціночна плата

В випадку проектування подібної тепловізійної системи прицілювання нам необхідно коректно відобразити відеопотік. Задля цього ми обираємо спеціально оціночну плату, що матиме змогу автоматично визначати та

перетворювати телевізійні відео сигнали згідно загальновизнаним стандартам, а саме:

- NTSC (National Television System Committee)
- PAL (Phase Alternating Line)
- SECAM (від фр. Séquentiel couleur avec mémoire - послідовний колір із пам'яттю)

Саме ці стандарти відповідають за передачу сигналу на компонентне відео з розширенням 4:4:2.

Найкраще для цього підходить оціночна плата створена американською компанією Analog Devices, ADV7180. Найбільшими його перевагами є що вона може приймати 3 відеоканали одночасно. При тому, вона містить у собі спеціальний фільтр згладжування, що дозволяє усім відеопотокам працювати одночасно і без перешкод. До того ж, її робоча температура варується -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$, що чудово підходить до будь-яких погодних умов у польовому використанні.

Більш того, вона має велику кількість пінів (точок входу та виходу), що дає змогу безперешкодно підключити усі компоненти системи один до одного. Схема пінів має наступний вигляд:

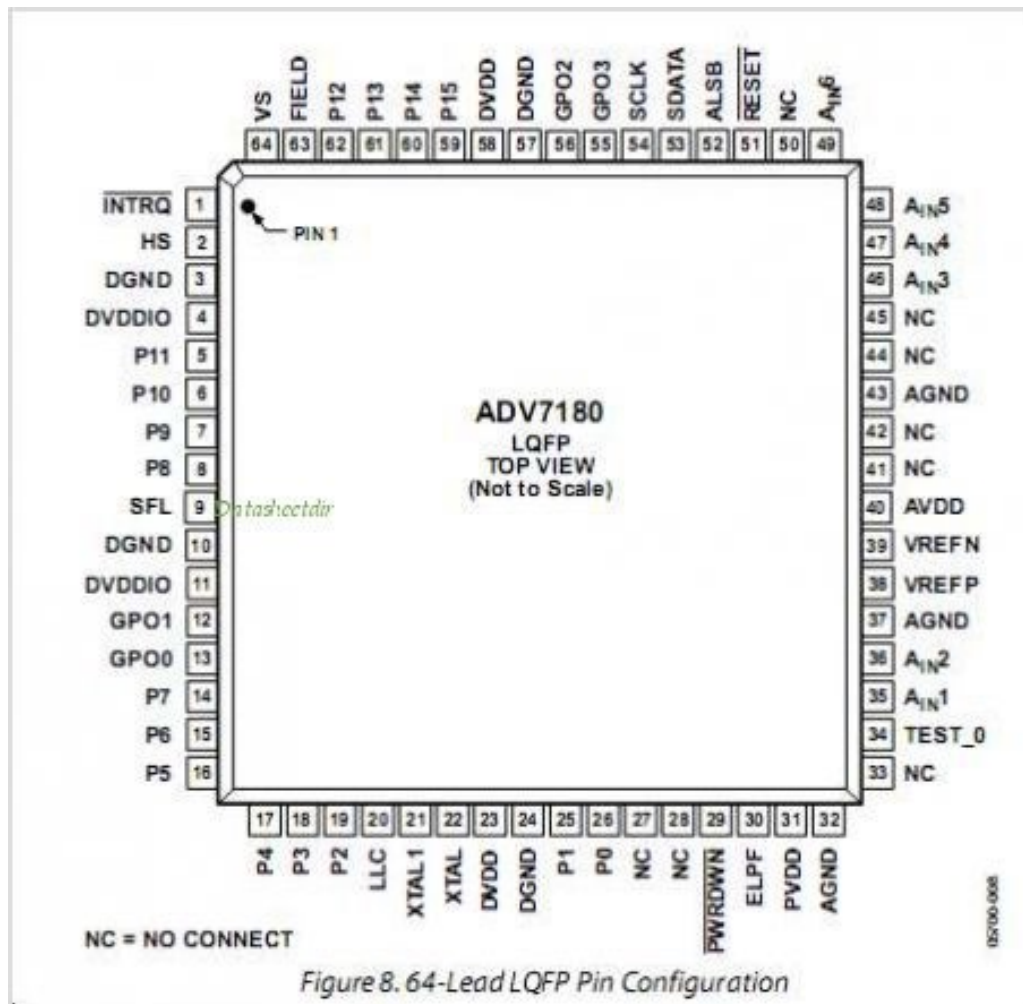


Рис. 1.16 - Схема розташування пінів оціночної плати

Функційна діаграма виглядає наступним чином:

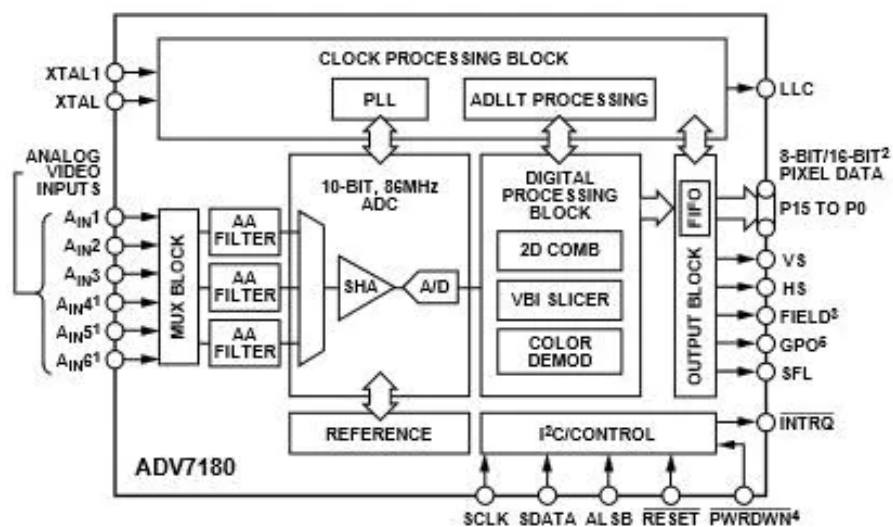


Рис. 1.17 - Функційна діаграма оціночної плати

Отже, вважаючи усі технічні характеристики даної оціночної плати вона була обрана при проектуванні тепловізійної системи прицілювання.

Також, вона має доволі зручну схему підключення:

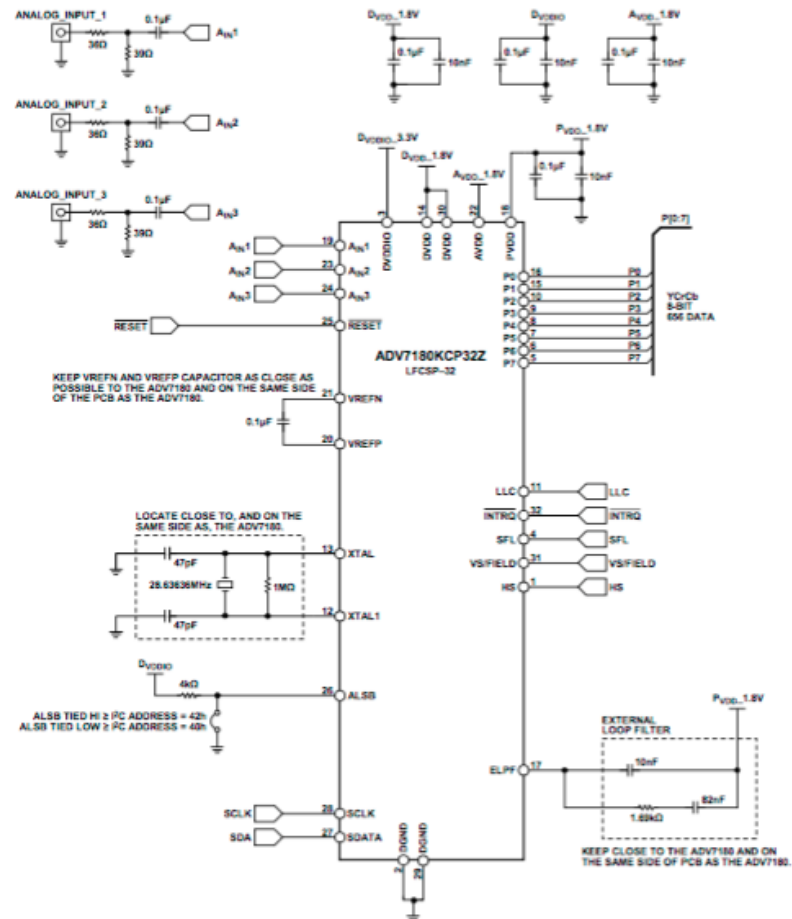


Рис. 1.18 - Схема підключення оціночної плати

1.5 Тепловізори

Тепловізор - спеціальний пристрій для спостереження за розподілом температури, що досліджується. Так званий, розподіл температури можна спостерігати на дисплеї керування у вигляді кольорового зображення, де різними температурам відповідають різні кольори.



Рис. 1.19 - Працюючий тепловізор

Кольорова гама зображення напряму залежить від температури об'єкта спостереження, а саме: чим нижча температура тим колір більш наближений до чорного і навпаки (чим тепліший об'єкт - тим колір стає більш наближеним до білого). Загалом, сучасні тепловізори використовують 256 градацій кольору задля точнішого відображення температури.

Загальний принцип роботи тепловізорів доволі простий: вони показують тепловий розподіл на поверхні об'єктів спостереження. Загалом, тепловізор приймає теплове випромінювання від усіх об'єктів, що входять в поле зору. На датчик тепловізора (мікроболометр), що сприймає потужність енергії, потрапляє випромінювання, що йде від об'єкта. Далі, своєю роботу виконує мікропроцесор, що перетворює цю саму енергію на зображення.

1.5.1 Класифікація тепловізорів

Тепловізори поділяють на групи в залежності від цілі їх використання. Обладнання дозволяє вирішувати задачі з спостереження за об'єктом та отримання результатів вимірювання.



Рис. 1.20 - Приклади тепловізорів різного призначення

Відносно нещодавно, тепловізори використовувалися виключно у військовій сфері. Однак, з плином часу вони набули широкого використання у будівництві, медицині, виробничому секторі та багато інших. Сьогодні, виробники виготовляють тепловізори, які представлені у вигляді самостійної одиниці обладнання, або ж можуть виступати у якості складової інших систем (наприклад біноклі цивільного призначення).

Також, бувають і тепловізори, які класифікують як мультисенсорні пристрої. Зазвичай їх використовують при проектуванні охоронних систем відеоспостереження. Їх основною перевагою є підвищення рівню безпеки і цілісного збереження об'єкта, що охороняється.



Рис. 1.22 - Мультисенсорный тепловизор

Більш того, тепловізори використовують у системах автоматизації. Вони допомагають вести температурний моніторинг обладнання і контролювати стан об'єкта шляхом аналізу різниць температурних показників. Наприклад, коли обладнання довго працює на високій потужності і починає перегріватися - дана ситуація фіксується тепловізором і дані передаються у наступні керувальні вузли, що автоматично знижують потужність техніки.

Наукові тепловізори використовують у дослідженнях з ціллю отримання інформації про об'єкт спостереження. Їхньою особливістю є зображення високої якості та максимальна деталізація області, що досліджується.

Також, деякі тепловізори класифікують як морські. Вони використовуються для орієнтування у просторі і збереження цілісності корабля і команди під час нічних виходів у море та високій туманності, адже головною перевагою подібних тепловізорів є можливість високоякісно

фільтрувати зображення навколишнього середовища навіть під час дуже низької видимості.



Рис. 1.21 - Морський тепловізор

Отже, за призначенням, тепловізори поділяють наступним чином:

- а) військові
- б) будівельні
- в) наукові
- г) медичні
- д) мультисенсорні
- е) морські
- є) для систем автоматики
- ж) діагностичні

Для реалізації системи прицілювання, в яку буде інтегровано систему лінійних вимірювань були обрані, так звані, військові тепловізори. Взагалі, функцією військового тепловізора є виявлення та подальше розпізнавання об'єкта спостереження.



Рис. 1.22 - Військовий тепловізор

Також, вони набувають широкого використання у точному наведенні снаряду у нічний час доби. Більш того, тепловізори даного типу часто використовуються при охороні стратегічно важливих об'єктів (військові бази, аеропорти, морські порти та ін.).

Крім того, військові тепловізори широко інтегруються у літальну техніку, таку як: військові винищувачі, безпілотні дрони, супутники для спостереження та інші. Вони відрізняються високою швидкістю та великою дальністю роботи, що допомагає літальним апаратам зберігати безпечну висоту і залишитись непоміченими.

Висновок

Отже, в даному розділі були розглянуті усі доступні вирішення, що стосуються окремих складових частин підсистеми лінійних вимірювань. До них входять: камера, тепловізор, дисплей керування, оціночна плата та блок живлення.

Було описано принцип роботи кожного з представлених елементів та розглянуто можливість їх інтегрування до даної підсистеми.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ПІДСИСТЕМИ

Система лінійних вимірювань є надважливою у проектуванні тепловізійних прицільних систем, адже фіксація місцеположення ймовірного ворога не дає стовідсоткової гарантії потрапляння снаряду у ціль.

Це зумовлено багатьма факторами навколишнього середовища. Саме вони можуть негативно вплинути на траєкторію польоту снаряда. Більш того, маючи лише тепловізор, доволі важко визначити відстань до цілі, що зачасту, так само, дає певну похибку при запуску кулі або крупнокаліберного снаряду.

Отже, у цьому розділі описано основні переваги даної системи лінійних вимірювань і довести актуальність її використання у сьогоденні.

2.1 Далекомір

Як було сказано раніше, для прицільного пострілу необхідно точно виміряти відстань до потенційної цілі. Задля цього у системі використовується такий пристрій як далекомір (рис. 2.1).

Загалом, далекомір - це прилад, метою якого є визначення відстані до тіла або об'єкта. Широкого використання даний девайс набув не тільки у геодезії (як було на початку розробки далекоміра), а й у військових цілях, а саме: прицільні збройні системи, системи бомбометання та інші.



Рис. 2.1 - Лазерний далекомір

Для розробки даної системи було обрано лазерний далекомір, що зчитує дані про відстань до об'єкта спостереження\прицілювання за допомогою лазерного променя.

Лазерні далекоміри працюють за рахунок випромінювання електромагнітного імпульсу (лазерного променя) за допомогою оптично-електричної системи. Після потрапляння цього променя на фізично тіло об'єкта спостереження - він відбивається від нього і потрапляє назад до джерела випромінювання. Наступним кроком є вимірювання часу системою, за який лазерний промінь досягає цілі і повернеться назад.

Отже, наявність далекоміра у системі лінійних вимірювань, що інтегрується у тепловізійну прицільну систему є необхідним для підвищення точності наведення та зменшення загальної похибки вимірювання.

2.2 Розрахунок траєкторії польоту

Не варто забувати, що траєкторія польоту кулі або снаряду не є ідеальною і прямою відносно координатної осі через вплив зовнішніх факторів та силу тяжіння Землі. За рахунок цих факторів, снаряд рухається за дугою (рис. 2.2).

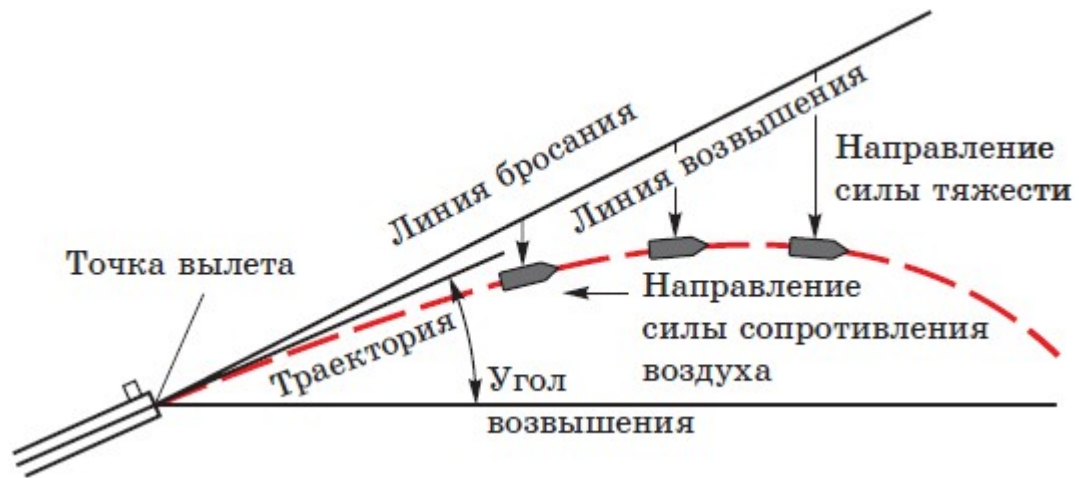


Рис. 2.2 - Траєкторія польоту кулі.

Отже, необхідно визначити основні фактори впливу на запуск снаряду та його потрапляння у ціль. Задля вирішення даної проблеми нам необхідно звернутися до досліджень в області балістики. Балістика - це наука, що вивчає рух тіл, що кидають (тобто тіла рухаються за дугою) у просторі. Завдяки знанням, що здобуті фахівцями у даній сфері ми можемо розрахувати балістичну траєкторію.

Взагалі, балістичною траєкторією називають траєкторією, за якою рухається тіло, що має певну початкову швидкість. При цьому, об'єкт піддається силі тяжіння та аеродинамічному супротиву повітря.

В результаті вивчення теорії балістичного руху і проведення експериментів можна зробити висновок, що сила опору повітря є одним з головних факторів, що перешкоджають досягненню великих дистанцій під час польоту. Однак, у багатьох випадках потрібно враховувати, що снаряд

буде не тільки рухатися поступально, а й обертатися. слід брати до уваги всі аеродинамічні сили, а не тільки силу опору повітря.

Без урахування сили спротиву повітря, тіло, що рухається з певною початковою швидкістю долатиме відстань у просторі за траєкторією у вигляді кривої другого порядку. Завдяки цьому, ми маємо можливість розрахувати усі дані польоту тіла за допомогою математичної формули (див. рис 2.3)

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}x + 2a_{23}y + a_{33} = 0,$$

Рис. 2.3 - Описання площини ГМТ на графіку

Однак, не варто забувати, що при проведенні польових випробувань або, навіть, ведені військових чи пошукових операцій стрілок повинен враховувати усі зовнішні фактори, що можуть завадити точному потраплянні у ціль.

Похибки таких факторів і покриватиме система лінійних вимірювань завдяки своєму широкому функціоналу, що дозволяє врахувати усі ці фактори задля збільшення точності наведення тепловізійної прицільної системи. Отже, розглянемо їх більш детально.

2.2.1 Балістичні таблиці

Одним із питань для вирішення під час проектування системи лінійних вимірювань є варіативність у використанні з умовою врахування певних характеристик різних снарядів.

Основною ціллю вирішення даного питання є досягнення розрахунку траєкторії польоту куль і снарядів різного калібру. Задля цього, при балістичних дослідженнях було описано так звані балістичні таблиці.

Загалом, балістична таблиця - це таблиця, що має у собі інформацію про поправки прицілу відповідно до відстані від стрілка до цілі. Такі таблиці мають, як мінімум, декілька полів даних, а саме: дистанція (зазвичай у метрах або ярдах), вертикальна поправка і боковий знос вітром. Однак, зачасту, балістичні таблиці мають ще деякі описані характеристики балістичної траєкторії польоту снаряду. Це може бути швидкість кулі на підльоті до визначеної дистанції, час польоту до цілі та інші. Приклад балістичної таблиці можна побачити на рисунку 2.4.

Дистанция, метры	Скорость, м/с			Энергия, джоули			Вертикальная поправка, см			Снос ветром, см		
	223	308	7,62*54	223	308	7,62*54	223	308	7,62*54	223	308	7,62*54
100	902	802	674	1 303	3 220	2 953	0	0	0	3	2	2
150	834	774	647	1 112	2 999	2 721	2	3	5	7	4	5
200	768	747	620	945	2 790	2 503	7	10	17	13	7	9
250	706	720	595	799	2 594	2 300	17	22	34	21	11	15
300	648	694	570	671	2 409	2 111	31	38	59	32	16	22
350	592	668	545	561	2 235	1 934	51	60	91	45	22	30
400	540	643	522	466	2 071	1 770	79	87	131	62	29	41
450	490	619	499	385	1 918	1 617	115	119	181	82	38	52
500	444	595	476	315	1 773	1 476	161	159	240	106	48	66
550	400	572	455	256	1 638	1 344	219	205	310	135	59	82
600	359	550	434	207	1 511	1 222	293	258	392	170	71	100
650	321	528	413	165	1 392	1 110	386	320	487	207	85	120
700	286	506	393	131	1 281	1 006	504	391	597	254	101	142
750	253	485	374	103	1 178	910	645	471	722	309	118	167
800	225	465	355	81	1 081	821	821	561	865	374	137	195

Рис. 2.4 - Балістична таблиця під патрон калібру 7.62

Також, при створенні балістичної таблиці під кулю (снаряд) певного калібру часто враховується фактор “холодного” і “гарячого” стволів. Це зумовлено тим, що ствол зброї, що не був застосований нині буде давати дещо іншу траєкторію польоту кулі, аніж зброя, яка була пристріляна попередньо.

Проте, не варто забувати, що різні кулі мають різні характеристики. Вони можуть відрізнятися за вагою, матеріалом вироблення, аеродинамічними характеристиками, конструкцією вибухового відсіку та

багато інших. У зв'язку з цим, правильним рішенням було обрано створення балістичних таблиць спеціально під кожен калібр.

У зв'язку з цим, стрілок вимушений використовувати або, навіть, запам'ятовувати велику кількість такої інформації, що не є зручним. Навіть при наявності потрібних балістичних таблиць стрілок витрачатиме час для знаходження потрібної інформації та встановлення поправок при стрільбі.

Задля цього, в систему було інтегровано вбудовану пам'ять, яка дозволить оператору завантажити усі балістичні дані для розрахунку точної траєкторії польоту кулі. Реалізовано це буде завдяки ООП (об'єктно-орієнтоване програмування), де оператор матиме змогу ввести потрібний калібр снаряду задля отримання інформації про поправки.

Однак, варто враховувати, що зазвичай дані в таблиці розраховуються під так звані “стандартні погодні умови”. За стандартні прийнято вважати наступні величини певних фізичних характеристик, що можуть впливати на балістичну траєкторію польоту снаряду:

- 1) Температура = 59°F
- 2) Вологість = 78%
- 3) Атмосферний тиск = 760 мм рт. ст.
- 4) Висота = 500 футів, або ~ 152.4 м

Проте, як ми розуміємо, дані умови далеко не завжди мають місце бути. Через це, спеціалісти у сфері балістики розробили окремі таблиці, що задовольняють майже всі погодні умови.

Також, варто розглянути ще один важливий фактор, що враховується при створенні подібних таблиць, а саме утворення балістичної хвилі. Загалом, балістична хвиля - це хвиля, що утворюється при русі снарядів зі швидкістю, що більша або дорівнює швидкості звуку. Через це і утворюється ще один потужний фактор спротиву повітря (рис. 2.5).

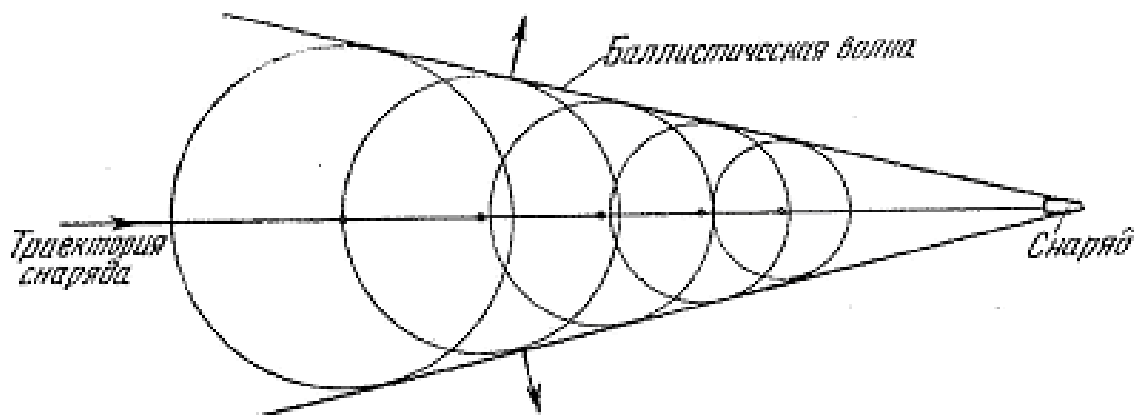


Рис. 2.5 - Зображення балістичної хвилі протягом запуску снаряду.

Під час будь-якого руху тіла у повітрі утворюються певні ущільнення, що розповсюджуються у просторі із швидкістю звуку. Якщо, частота таких коливань знаходиться у межах від 20 до 20000 коливань на секунду - ми можемо відчувати результат утворення балістичної хвилі у вигляді звуку. Якщо ж швидкість кулі менша за швидкість світла - ці самі ущільнення просто-напросто обженуть кулю, що рухається і не дадуть ніякої похибки на траєкторію польоту патрона.

У випадку, коли швидкість кулі дорівнює швидкості звуку ці самі згущення починаються накладатися один на одне і складаються у більш щільну масу, що вже дає певну похибку через збільшення спротиву повітря.

Ще більш щільні формування, у тому випадку, коли швидкість кулі стає більшою за швидкість звуку і сила спротиву повітря набирає ще більших значень. Це зумовлено тим, що куля маючи характеристики швидкості вищі за ~ 343 м/с вже повинна “проривати” ці самі ущільнення, через що вона сповільнюватиметься швидше і довжина польоту кулі зменшиться. При цьому, тиск на фронті цієї хвилі може досягати величини у 8-10 атмосфер.

Отже, при русі снарядів зі швидкістю більшою ніж швидкість звуку нам необхідно враховувати додаткову силу опору повітря, що формується

внаслідок утворення балістичної хвилі. Тому, дуже велике значення має саме головка снаряду, що повинна мати обтічну форму та не повинна мати зазорів, площадок та ін. Приклад різниці будови головки можна побачити на рисунку 2.6.



Рис. 2.6 - Зображення різних головок снарядів в залежності від швидкості їх запуску

Отже, ми визначили, що є велика кількість факторів, що може внести свої корективи при польоті патрона. Однак, завдяки дослідженням у балістиці ми маємо змогу отримати інформацію про точне наведення під час стрільби шляхом взяття даних із балістичних таблиць різних типів.

А завдяки широкому функціоналу даної системи ми маємо змогу ввести усі потрібні дані задля їх подальшого оброблення і визначення якісної траєкторії польоту кулі.

2.3 Якість відображення

Надважливим фактором для отримання достовірних даних щодо місцеположення об'єкту є якісне візуальне відображення цілі для оператора системи. Через це, гостро постає питання, що напряму стосується окремого вузла системи, а саме дисплею, що знаходиться у володінні оператора. Саме

завдяки ньому користувач має змогу визначити місцезнаходження потенційного ворога

Отже, основними характеристиками, що повинні бути наявні у камері, що інтегрована у дану систему є якісне зображення, оптимальна ціна (задля цінової переваги над конкурентами) та низький рівень споживання енергії. Задля цього, було обране рішення використовувати IPS-дисплей.

Взагалі, IPS (In-Plane Switching) дисплей являє собою матрицю, що побудована базуючись на, так званих, рідких кристалах. Саме зображення формується завдяки поляризованого світла, що пропускається через кольоровий фільтр. Також, варто відзначити, що керування рівню яскравості відбувається завдяки горизонтальних та вертикальних фільтрів, що працюють на кожному пікселі окремо. При цьому, не має значення чи використовується даний піксель у конкретний часовий проміжок. На рисунку 2.7 можна побачити більш детальну будову IPS матриці:

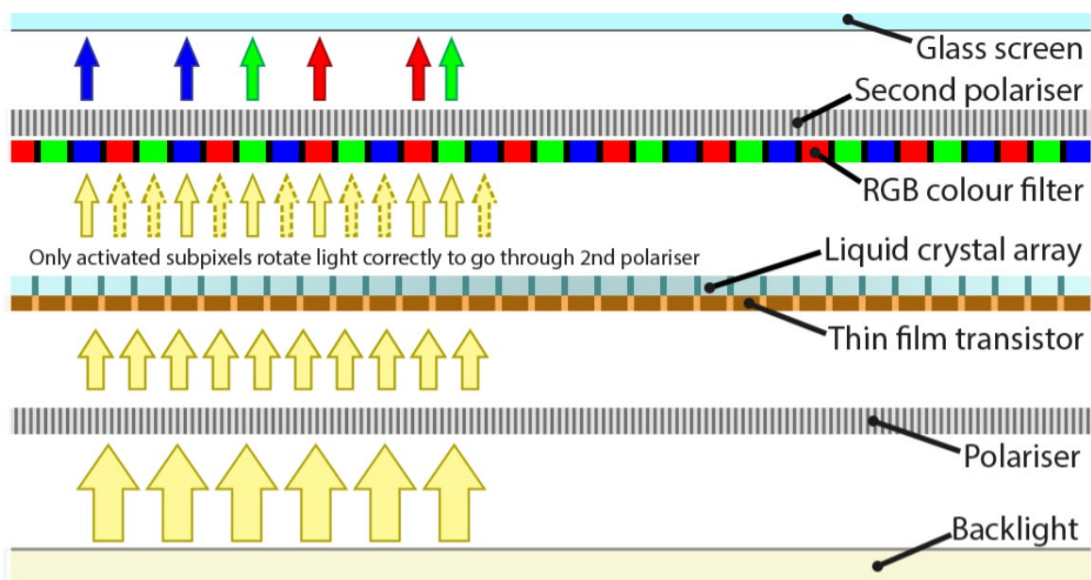


Рис. 2.7 - Будова IPS матриці

Основними його перевагами є:

а) Передача кольору. Завдяки будові своєї матриці дані дисплеї передають відтінки кольорів максимально точно. Такі дисплеї

використовують найбільш кількість відтінків кольорів, завдяки чому ми і отримуємо точне зображення під усіма кутами огляду дисплею. Саме завдяки даній перевазі, такі дисплеї набувають широкого використання серед професій пов'язаних із роботою з графікою.

б) Доступна ціна. Задля збільшення переваги над конкурентами нам необхідно звертати увагу на цінову політику розробки системи. Оскільки дана технологія набула широкого використання за останні роки - майже усі виробники освоїли дану технологію виробництва. Завдяки цьому, ціна на такий дисплей є більш доступною аніж у конкурентних типів екранів з тим самим функціоналом.

в) Довговічність. Дивлячись на те, що бойові дії можуть початися у будь-який момент доби, нам необхідно аби система була роботоздатною протягом довгого часу та не потребувала частого ремонту або корегування окремих вузлів системи. IPS дисплеї майже не схильні до процесу зношування.

Висновок

В цьому розділі були розглянуті обрані рішення для розробки окремих вузлів підсистеми лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи. Були представлені дисплей керування на основі IPS-матриці, описаний принцип роботи та інтегрування балістичних таблиць до системи та була розрахована траєкторія польоту снаряду.

Також, розглянуто принцип роботи далекоміра та причину його інтегрування до підсистеми.

3. ФУНКЦІЙНА СХЕМА ПІДСИСТЕМИ ЛІНІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ПРИЦІЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Підсистема лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи складається з декількох основних робочих блоків, а саме:

- Блок живлення
- Мікропроцесор
- Камера
- Екран керування
- Далекомір
- Тепловізор

Для більш точного розуміння роботи підсистеми необхідно більш детально розглянути кожен блок окремо.

3.1 Блок живлення

Для блоку живлення було обрано літій-марганцеві (LiMn_2O_4 , або LMO) акумулятори з робочою напругою 3,7V, що інтегровані в батарейний блок тепловізійної прицільної системи. Дані батареї не є найбільш поширеними у використанні, однак мають багато переваг над усім відомими літій-іонними акумуляторами. До них можна віднести:

- 1) Велика кількість циклів перезарядки (близько 700)
- 2) Мають гарні показники питомої електроємності - 100-150 Ф
- 3) Безпечна підтримка

Однак, для повного функціонування нам необхідна більша робоча напруга, аніж та, що вказана на вибраному акумуляторі. А при послідовному

з'єднанні додається показник ємності, а номінальна напруга залишається сталою.

Отже, шляхом паралельного ми створюємо 2 підблоки елементу живлення системи. Обидва блоки складатимуться з чотирьох послідовно з'єднаних батарей кожна (рис. 3.1).

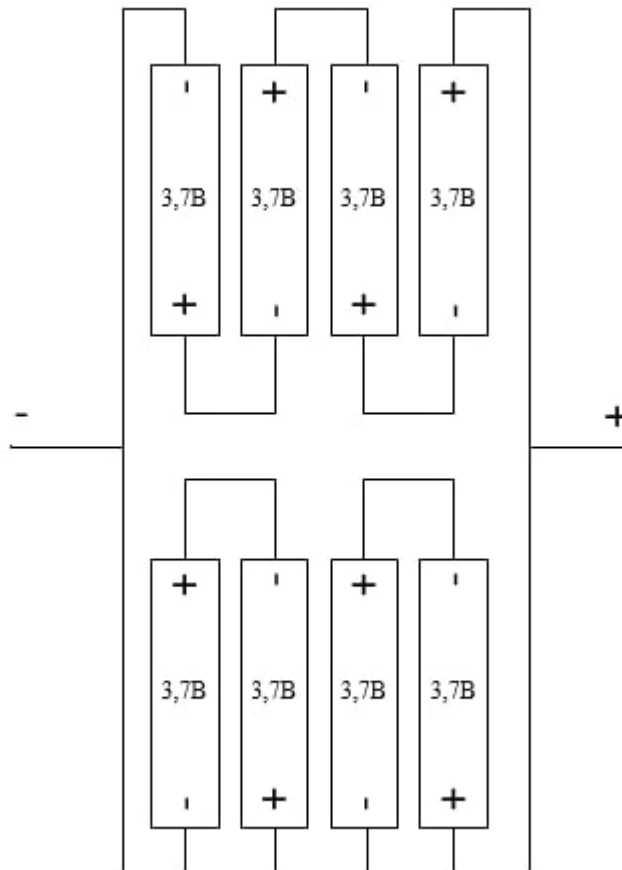


Рис. 3.1 - Схема з'єднання акумуляторів у блоці живлення

Після цього, необхідно під'єднати їх паралельно задля збереження номінальної напруги на рівні 14,8V та отримати високі показники питомої ємності, завдяки чому система матиме змогу безперешкодно знаходитися у стані активного функціонування протягом трьох, або навіть і більше годин.

3.2 Блок прийому сигналу

В самій прицільній тепловізійній системі (як і в її підсистемі лінійних вимірювань) приймачем сигналу виступає відеокамера, що передає сигнал далі на обробку і в висновку на дисплей керування.

Загалом, цифрова відеокамера - це складний пристрій, що складається з декількох важливих елементів:

- а) Об'єктив
- б) Мікрофон
- в) процесор
- г) світлочутливий сенсор

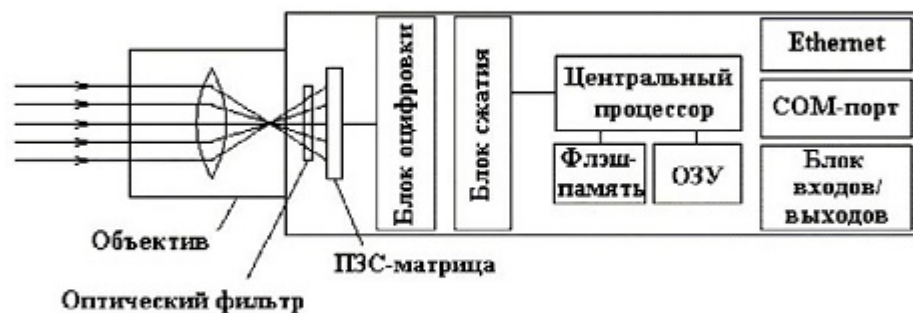


Рис. 3.2 - Принцип роботи відеокамери

Отже, саме утворення зображення на дисплеї керування системи можна описати наступним чином (рис. 3.2): зображення проходить через об'єктив камери та діафрагму (у вигляді світла), після чого він фіксується світлочутливим сенсором. З матриці сигнал передається до процесору, що перетворює його у видиме зображення та виводить на екран. В окремих випадках, також присутній роз'єм Ethernet для прямої передачі даних у всесвітню мережу.

Саме завдяки даним з відеокамери система отримує інформацію щодо позиціонування потенційного ворога та шляхом подальшої обробки сигналу збільшує точність наведення прицільної сітки.

3.3 Блок пам'яті

Однією із функційних ланок підсистеми лінійних вимірювань є блок пам'яті. Основною його функцією є збереження даних балістичних таблиць (для коригування прицільної сітки) та можливість відеозапису спостережень. Маючи достатній об'єм пам'яті для завантаження даних, блок пам'яті здатен зберігати інформацію про балістику патронів майже усіх калібрів та має можливість зберігати відеозапис довжиною однієї години.

3.4 Далекомір

Дуже важливим вузлом підсистеми лінійних вимірювань є лазерний далекомір. Завдяки своїй практичності і точними результатами вихідної інформації він ідеально підходить для використання даній системі.

Основною роллю далекоміра є визначення відстані до цілі шляхом використання лазерного променя. Внутрішня система далекоміра вимірює час за який промінь доходить до об'єкту і потрапляє назад, до точки виходу сигналу (рис. 3.3).

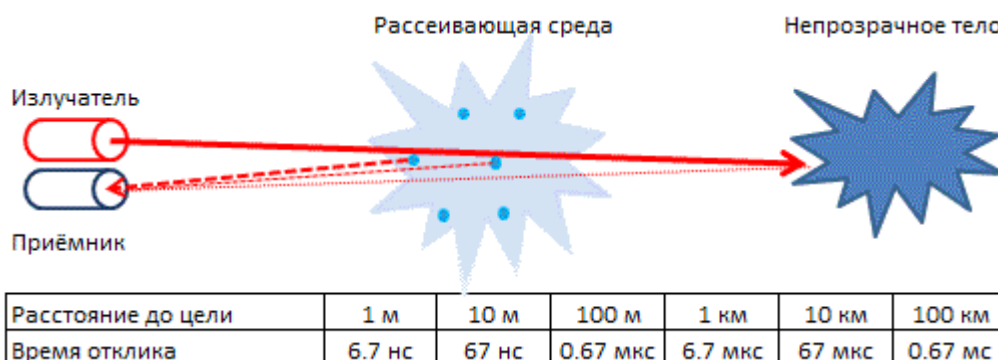


Рис. 3.3 - Принцип роботи лазерного далекоміра.

Більш того, отримані дані дають змогу автоматично визначити зміщення мушки завдяки співставленню з балістичними таблицями в середині підсистеми лінійних вимірювань. Далі, за її показниками прицільна сітка підлаштовується під визначену відстань.

3.5 Мікропроцесор

Отже, після того, як зображення потрапляє на блок прийому сигналу (камеру) - дані передаються до мікропроцесора. Також, туди потрапляє інформація з далекоміра щодо відстані до ймовірного ворога.

Головною ціллю мікропроцесора є обробка зовнішніх даних та виведення розрахунків задля зміщення прицільної сітки, згідно з балістичними поправками.

Задля досягнення точних показників підсистеми лінійних вимірювання було обрано мікропроцесор ADV8003KBCZ-8C. Дана модель виготовлена компанією Analog Devices, що є однією із передових корпорацій в сфері виготовлення мікропроцесорів. Більш того, даний мікропроцесор має змогу процесувати відеосигнал та накладати декілька відеопотоків один на одний. Таким чином ми отримаємо скомплікований відеосигнал, що далі подається на дисплей керування. Нижче наведена функційна схема даної моделі.

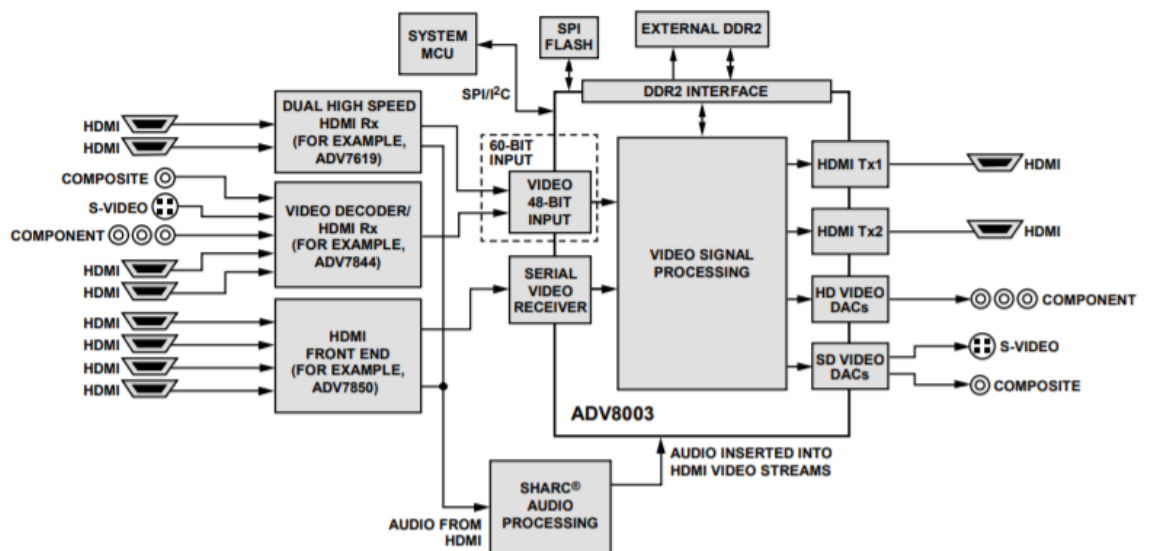


Рис. 3.4 - Функційна схема мікропроцесора ADV8003KBCZ-8C

Основними його перевагами є:

1. Можливість обробляти відеосигнал
2. Має функцію накладання відеопотоків та обробки їх у вихідний сигнал
3. Можливість якісної передачі даних на дисплей
4. Наявність HDMI трансмітерів для передачі даних
5. Низьке енергоспоживання

3.6 Дисплей керування

Для можливості повного виводу коректних даних та керування системою нам необхідно передати оброблену мікропроцесором інформацію на екран користувачу. Основними параметрами, якими повинен володіти дисплей керування є: широкий спектр кольорової гами, чітке зображення, надійний кут огляду, низьке енергоспоживання та високоякісна кольоропередача.

Як було описано в огляді існуючих рішень, було обрано дисплей, що виготовлений на основі IPS-матриці (рис. 3.5). Загалом, IPS-матриця працює наступним чином: при прикладенні електричного поля до рідких кристалів, вони змінюють свою орієнтацію у просторі та дають змогу світлу безперешкодно проходити через себе. У випадку відсутності електропостачання ці кристали не знаходитимуться у активному стані і не пропускать потік фотонів.

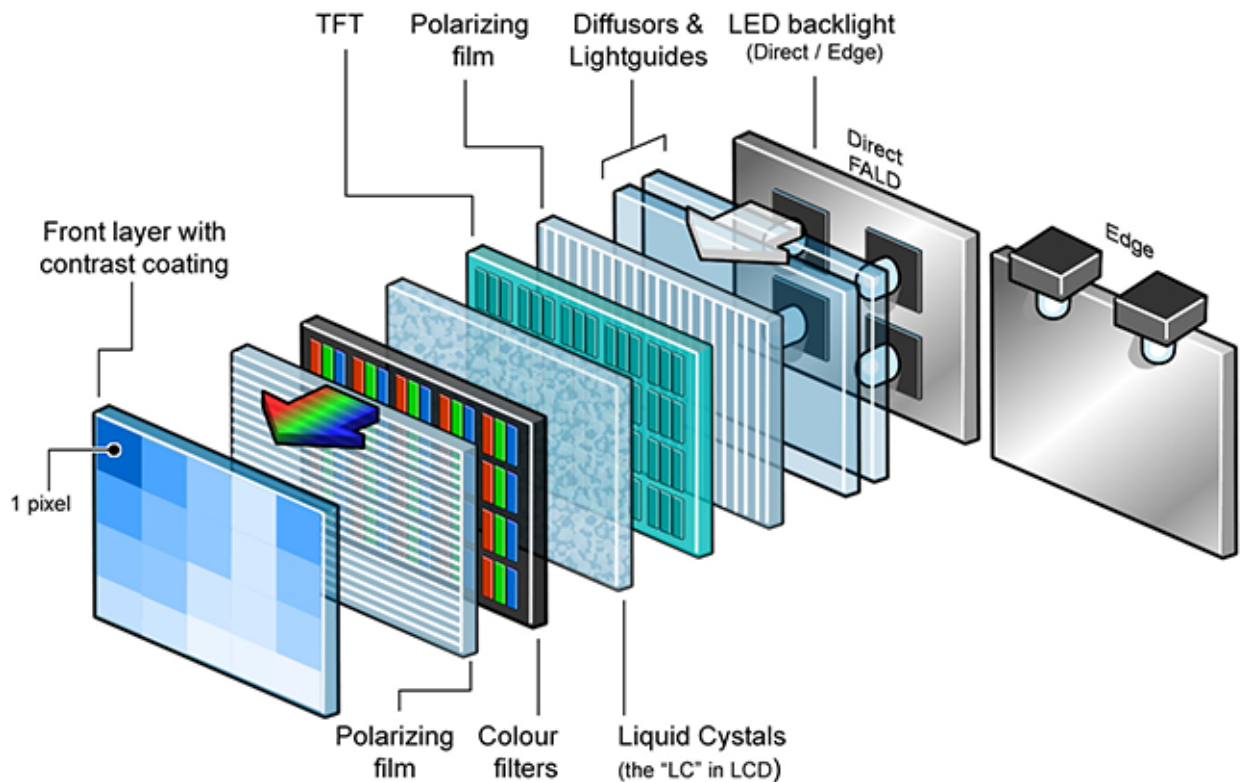


Рис. 3.6 - Схема будови LCD дисплею на технології IPS

Так як кристали, що не знаходяться в активному стані не пропускають крізь себе світло - чорний колір у таких дисплеях максимально наближений до ідеального відтінку. Також, варто зазначити, що LCD дисплей с IPS-матрицею буде функціонувати лише у випадку наявності увімкненої панелі підсвічування.

3.7 Тепловізор

Принцип роботи тепловізора базується на перетворенні інфрачервоного випромінювання у спектр видимого світлового потоку, що доступний людському оку. Сам діапазон, у якому працюють тепловізори визначається інтервалами світлових хвиль, які випромінює об'єкт спостереження. Найчастіше, діапазон цих хвиль приблизно дорівнює 3,5 до 5,5 мкм або ж від 8 мкм до 15,5 мкм. Сама лінза (лінза Френеля) фокусує інфрачервоне випромінювання на піносенсор датчика.

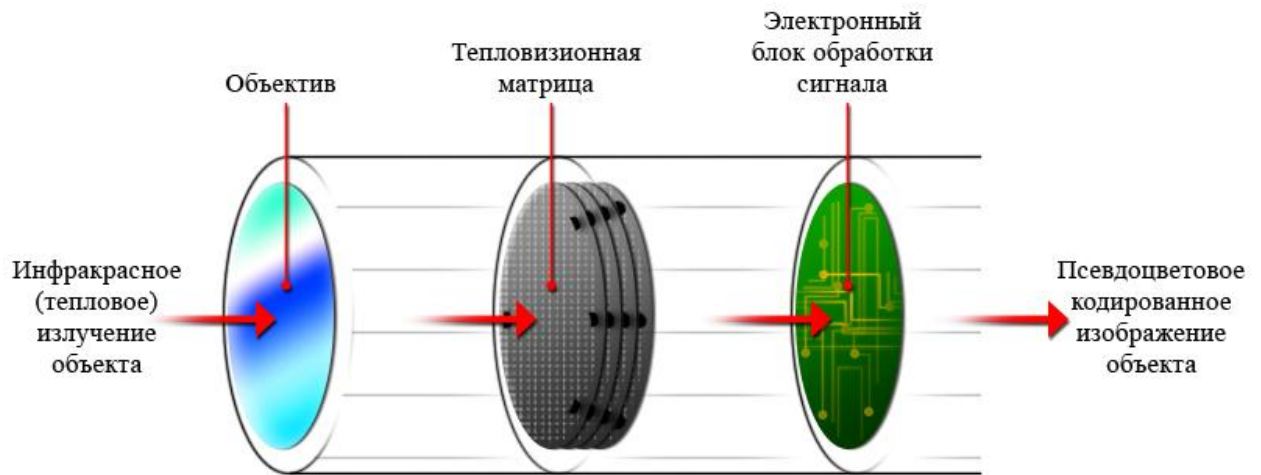


Рис. 3.7 - Схематичне зображення роботи тепловізора

Далі, ця інформація потрапляє до мікропроцесора тепловізора та перетворюється у цифрові дані для подальшої обробки.

Більш того, варто зазначити, що сучасні тепловізори мають змогу розрізняти температуру тіла до десятих або навіть сотих одиниць градуса.

3.8 Схема функційна підсистеми лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи

Отже, загально, функціональну схему такої системи можна зобразити наступним чином (рис. 3.8):

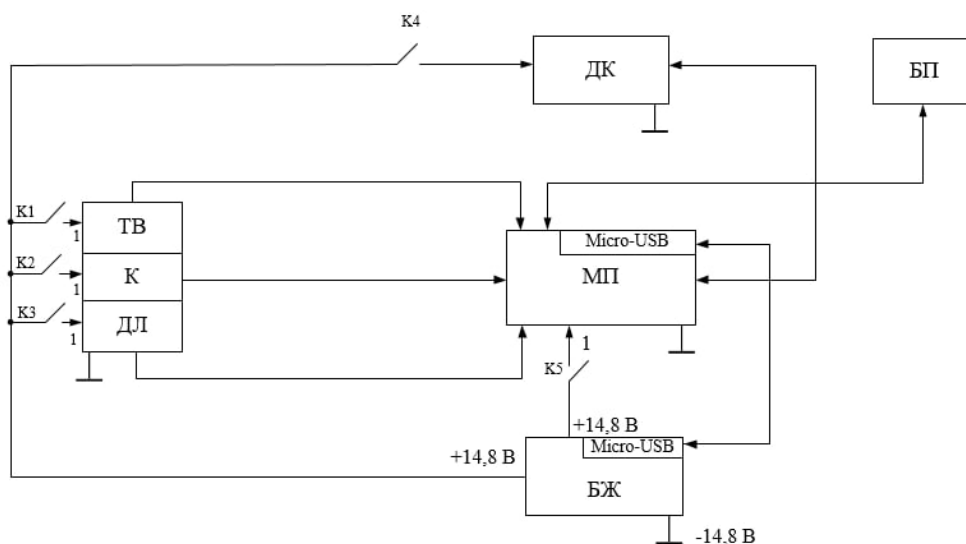


Рис.3.8 - Схема функційна підсистеми лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи

ТВ - тепловізор

К - камера

ДЛ - далекомір

МП - мікропроцесор

ДК - дисплей керування

БЖ - блок живлення

К1, К2, К3, К4, К5 - ключі

БП - блок пам'яті

Висновок

Загалом, робота системи відбувається наступним чином: інформація із камери, тепловізора та далекоміра потрапляє до плати, що керується мікропроцесором. Там, відбувається процес накладання двох відеопотоків (тепловізійне зображення та зображення з камери) та корегування даних наведення згідно із балістичними таблицями, що знаходяться всередині вбудованого носія пам'яті.

4. АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ПОХИБОК

Аналіз похибок підсистеми лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи є дуже важливим, адже дана підсистема включає у себе багато компонентів, майже кожен з яких містить у собі вірогідно похибку, що може вплинути на загальну роботу системи. Отже, розглянемо усі можливі неточності, що можуть виникнути при роботі з даною системою.

4.1 Похибка балістичних таблиць

При використанні балістичних таблиць не варто забувати про повну горизонтальну дальність. Дана характеристика визначається шляхом кидання тіла під кутом (пострілу кулі) залежно від кута. Дані похибки можуть вплинути на стрільбу більше за інші, що спонукає розглянути розглянути їх більш детально.

По-перше, розглянемо помилки визначення початкової швидкості патрону. Впливати, у даному випадку, можуть як систематичні так і випадкові помилки. Випадкові похибки можуть виникати через неоднорідність фізичних характеристик снаряду, характеристик обертального руху, температури, похибки хронометра та інші.

Похибки, що є постійними (систематичними) з помилками використання пристрою заміру часу, помилки визначення температур, снарядів і тд.

Більш того, варто зазначити, що на стрільбу впливає і визначення куту кидання тіла (як горизонтальна так і вертикальна складові). При врхуванні горизонтальної похибки ми можемо отримати значення у 2,3% а у вертикальній - 1,2%.

У випадку, коли кут кидання тіла перевищує значення у 25 градусів - помилка визначення дальності становить менше, аніж 0,1% від стандартних

1,2% та 2,3%. Однак, коли ми працюємо з малими значеннями кута кидання тіла то похибка може сягнути від 0,65% до 0,85%.

Далі, нам необхідно врахувати похибку, що виникає через відхилення від стандартних показників температури, тиску та вітру:

$$E_{h_0} = 1 \text{ мм}, E_{\delta\tau_{\text{бал}}} = 1^{\circ},6; E_{w_{X \text{ бал}}} = 0,65 \text{ м/с}.$$

Отже, загальні похибки при використанні балістичних таблиць можна описати наступним чином:

$$Ex_{h_0} = (0.01 - 0.07)\% X,$$

$$Ex_{\delta\tau_{\text{бал}}} = (0.03 - 0.12)\% X$$

$$Ex_{w_x} = (0.04 - 0.21)\% X.$$

де, X - величина виведених у таблиці значень.

Також, варто відзначити можливу похибку, що пов'язана із точністю обчислення табличної дальності до цілі. Формула визначення похибки залежності точності стрільби відповідно до табличних показників дальностей можна розрахувати наступним чином:

$$Ex_{\text{табл}} = \sqrt{E^2 x_{\text{опор}} + E^2 x_{\text{розр}}}$$

де $Ex(\text{опор})$ - помилка опорної дальності, а $Ex(\text{розр})$ - помилка розрахунків табличної дальності.

Таким чином, ми можемо описати серединну похибку для різних кутів кидання тіла/кулі/снаряду:

Кут нахилу (градуси)	5	10-45	50-65
Похибка (% від дальності)	0.66	0.51	0.57

Отже, похибки балістичних таблиць стрільби можуть виникнути на усіх етапах їх створення (а в деяких випадках навіть накопичуватись і давати серйозний вплив на балістичні дані). Загалом, ці похибки розділяють на дві групи, а саме: похибки основної залежності та похибки поправочних залежностей. До першої групи зазвичай входять: похибки опорних дальностей та розрахунків (опорні дальності, нормалізація та прицільна сітка). До другої групи можна віднести похибку узгодження та нелінійності.

4.2 Похибка далекоміра

Лазерний далекомір, як і будь-які вимірювальні інструменти, працюють з певною похибкою. Точність лазерних дальномірів залежить від їх призначення та якості складових компонентів, а відповідно і ціні.

Отже, вважаючи принцип роботи лазерних далекомірів, який був описаний у попередніх розділах. Особливістю даного принципу є те, що невеликі відстані (туди і назад) світло проходить дуже швидко. Тому, інженерам та конструкторам доводиться вирішувати задачу, щодо точного обчислення часу проходження відстані променем.

Цікавий факт, що згідно усім ГОСТам більш точною буде звичайна металева мірна стрічка (рулетка), однак при проведенні польових випробувань ми зможемо побачити, що, усе ж таки, лазерний дальномір виграє у показниках точності отриманих даних.

Отже, розглянемо що і як може повпливати на результати вимірювань далекоміру.

Відстань, що проходить світлова хвиля за певний проміжок часу обчислюється як:

$$l = ct$$

де t - час за який світло проходить відстань l зі швидкістю світла (c).\

За цей самий час ми можемо виявити, що фазу лазерного випромінювання, що проходить шлях від далекоміра до об'єкта і назад буде зміщено на:

$$\varphi = 2\pi f_M t,$$

де, f_M - частота модуляції випромінювання.

Таким чином, використовуючи дані обчислення ми можемо сказати, що дальність до об'єкта (враховуючи дані описані вище) можна обчислити наступним чином:

$$l = c \frac{\varphi}{2\pi f_M}$$

При вимірюванні фази ми отримуємо певну похибку $\Delta \varphi$. Таким чином, похибка відстані Δl обчислюватиметься наступним чином:

$$\Delta l = c \frac{\Delta \varphi}{2\pi f_M}.$$

Загалом, за ГОСТами похибка подібних професійних лазерних далекомірів початкового рівня не перевищує показник в 0,1мм на кожен метр відстані до об'єкта. Дана похибка є допустимою при інтегруванні далекоміру до системи лінійних вимірювань.

4.3 Похибка тепловізора

Сучасні тепловізори використовують матричні фотоприймач, що дає повне зображення температурного поля об'єкту. Даний принцип дозволяє створити мініатюрні тепловізори з можливості швидкої обробки даних.

Сама ціль створення тепловізорів - надання кристувачу можливості оцінювати температуру тіла, що досліджується на певній відстані від

оператора. При цьому, вимірювання тепловізора визначаються програмним кодом, що встановлений у систему. Однак, зачасто, даний код не враховую певні фізичні ефекти, що можуть вплинути на результати вимірювання.

Отже, варто зазначити, що в фундаменті тепловізора лежать закони теплового випромінювання, а саме - закон Больцмана, що можна описати наступним чином:

$$\Phi_0 = \sigma T^4$$

де Φ - сумарний тепловий потік теплової енергії, σ - постійна Больцмана ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$), а T - абсолютна температура поверхні тіла, що досліджується.

Однак, даний закон справедливий для АЧТ (абсолютного чорного тіла.) За законами фізики дане тіло повинно поглинати усе світло, що потрапляє на нього. Проте, таких тіл у нашому світі не існує. Тому, задля досягнення справедливості закону Больцмана для реальних тіл ми повинні описати його наступним чином:

$$\Phi = \epsilon_T \sigma T^4,$$

де, ϵ_T - інтегральний коефіцієнт випромінювання.

Також, варто зазначити, що цей закон набуває справедливості при дослідженні так званих “сірих тіл”, де коефіцієнт випромінювання є сталим. Тому, у випадку дослідження похибки тепловізора закон Больцмана набуває наступного вигляду:

$$\epsilon_\lambda = \frac{\Phi_\lambda}{\Phi_{0\lambda}},$$

де

$$\Phi_\lambda = \frac{d\Phi}{d\lambda} \quad \text{та} \quad \Phi_{0\lambda} = \frac{d\Phi_0}{d\lambda}$$

Саме ці дві величини визначають потоки, що відносяться до елементарного діапазону довжини хвиль.

Висновок

В даному розділі були проведені дослідження, що стосуються розрахунків можливих похибок підсистеми лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи.

Також, були описані методи їх розрахунку та представлені способу запобігання їх впливу на точність підсистеми.

5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ «ПІДСИСТЕМА ЛІНІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ПРИЦІЛЬНОЇ СИСТЕМИ»

5.1 Опис ідеї проєкту (товару, послуги, технології)

Основною метою роботи є розробка спеціальної системи лінійних вимірювань, що буде інтегрована до тепловізійної прицільної системи. Основною ціллю є збільшення точності наведення снаряду у нічну пору доби та покращення точності та достовірності зібраної інформації під час спостереження.

В таблиці було розглянуто основну ідею стартап-проєкту, основні вигоди, що зможе отримувати користувач системи та напрямку застосування даного стартап-проєкту. Також, протягом практичних занять, був проведений аналіз ринкової середи та ймовірних конкурентів. Більш того, після дослідження та порівняння системи лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи із вже існуючими закордонними аналогами ми можемо виявити сильні та слабкі сторони стартап-проєкту, що допомогло зрозуміти рентабельність виходу на ринок збуту.

Також, протягом практичних занять було обрано найбільш належну мову програмування (Python) для реалізації ПЗ системи. Саме завдяки синтаксичній простоті Python ця мова є найбільш ресурсо-економною та найкраще піддається кастомізації. Завдяки цьому, користувач може вносити певні поправки в інтерфейс системи лінійних вимірювань.

Таблиця 5.1 — Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення системи лінійних вимірювань для тепловізорів	1. Збір інформації	Збільшення точності та достовірності отриманої інформації

	2. Наведення зброї	Можливість точного наведення снаряду у нічну пору доби
	3. Наукова діяльність.	Застосування новітніх технологій.

Висновок: В ході опису стартап-проєкту було встановлено основну вигоду користувачеві та виявлено основні ринки збуту подібної системи, а саме військові та пошукові служби. Також, можуть використовуватись у наукових експедиціях задля спостереження.

Було проведено аналіз конкурентів ринку і розглянуто слабкі та сильні сторони стартап-проєкту по відношенню до них. Також, було описано техніко-економічні властивості та характеристики ідеї.

Таблиця 5.2.1 — Порівняння техніко-економічних характеристик ідеї з потенціальними конкурентами.

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			
		Мій проєкт	Pulsar Helion XP50	Тепловизор Flir Scout II 640	Xintest HT-02D
1.	Вартість ПЗ	Низька	Середня	Висока	Середня
2.	Вартість елементів системи	Низький	Високий	Висока	Низька
3.	Точність	Середня	Висока	Висока	Низька
4.	Відомість на ринку	-	+	+	+

Таблиця 5.2.2 — Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту.

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1.	Вартість			+

2.	Точність		+	
3.	Час виготовлення		+	
4.	Доступність		+	
5.	Простота використання		+	

Висновок: Дана система переважає майже всіх свої конкурентів в співвідношенні “ціна-якість”. Основними її перевагами є низька собівартість як програмного забезпечення, так і електронних елементів системи. Однак, її недоліком порівнянно із більш дорогими аналогами є дещо нижча точність.

5.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

MVP (minimum viable product, іноді помилково розшифровується як minimum valuable product або minimal valuable product) - це мінімально життєздатний продукт, який дозволяє отримати осмислений зворотний зв'язок від користувачів, а саме отримати інформацію щодо потреб користувача задля задоволення покупців та економії часу та ресурсів на розробку непотрібних функцій та вузлів системи.

Таблиця 5.3 - Описання основних MVP стартап-проєкту

Проблема, що вирішується	Збільшення точності наведення снаряду
Ідея продукту	Створення системи лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи
MVP1	Прицільна сітка
MVP2	Приціл з можливістю вводу балістичних даних
MVP3	Додавання можливості корегування інтерфейсу системи лінійних вимірювань
MVP4	Інтегрування тепловізору до системи лінійних вимірювань
MVP5	Інтегрування даних усіх балістичних таблиць до вбудованої пам'яті системи лінійних вимірювань

Головна проблема: у сьогоднішній гостро стоїть питання про точність наведення кулі\патрону\снаряду на ціль ураження. Із плином технологічного прогресу з'являється велика кількість доступних вирішень проблем із похибками пов'язаними із факторами зовнішнього середовища.

MVP1: Прицільна сітка. Дана технологія з'явилась внаслідок потреби у створенні певного орієнтиру для фіксації траєкторії кулі.

MVP2: Приціл з можливістю вводу балістичних даних. Оскільки, фактори, що досліджуються балістикою вносять свої корективи при наведенні зброї - була організована можливість додавання балістичних даних задля автоматизованого зміщення мушки.

MVP3: Додавання можливості корегування інтерфейсу системи лінійних вимірювань. Оскільки, кожна людина має власні потреби щодо зовнішнього вигляду панелі керування. Задля цього, була описана і реалізована можливість редагування інтерфейсу системи під потреби оператора.

MVP4: Інтегрування тепловізору до системи лінійних вимірювань. Оскільки бойові дії та пошукові операції можуть проводитися у нічну пору доби - була додана можливість використовувати дану систему в темний час.

MVP5: Інтегрування даних усіх балістичних таблиць до вбудованої пам'яті системи лінійних вимірювань. Оскільки, кількість балістичних таблиць дуже велика (різні таблиці під різні кулі та снаряди; окремі таблиці під різні погодні умови) і оператор не завжди матиме час на пошук потрібної таблиці, ми додали усі ці дані до вбудованої пам'яті системи задля економії часу, підвищення ефективності та зменшення похибки людського фактору.

В даному підрозділі був проведений аудит технології для реалізації проекту, а саме: за якою технологією виготовляється товар, існування подібних технологій та можливість їх розробки\доброби. Також, було описано доступність технології до авторів.

Таблиця 5.4 — Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Збір інформації	Мова програмування Python	Наявні.	Так.
2.	Наведення зброї	Мова програмування Python	Наявні.	Так.

Висновок: Дана технологія буде запрограмована за допомогою мови Python, що є високофункціональною та простою у використанні. Також, було виявлено, що автор ознайомлений з даною технологією та може з нею працювати.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основним плюсом використання даної системи лінійних вимірювань є доволі висока якість і точність отриманих даних при низькій собівартості (відносно інших аналогів). Саме ці параметри є найважливішими при обрані подібної системи як для нашого споживача так і за кордоном.

Таблиця 5.5 - аналіз можливих конкурентів

№ з\п	Назва підприємства конкурента	Короткий опис діяльності	Короткий опис продукту/послуги	Схожість зі стартапом
1	Pulsar	Проектування та розробка тепловізорів і прицільних систем.	Тепловізори і приціли.	Так
2	FLIR	Проектування та розробка тепловізорів і прицільних систем.	Тепловізори і приціли.	Так

3	Xintest	Проектування та розробка тепловізорів і прицільних систем.	Тепловізори і приціли.	Ні
---	---------	--	------------------------	----

Висновок: В ході практичних занять були виявлені основні гравці на цьому ринку, а саме: Pulsar, Flir та Xintest. Базуючись на розвитку технологій створених цими компаніями ми можемо зробити певний аналіз можливостей запуску старт-проєкту.

Розглянувши можливих конкурентів ринку ми можемо визначити тип конкуренції по відношенню до даного стартап-проєкту.

таблиця 5.6 - Визначення типу конкурентів

№ з\п	Назва підприємства конкурента	Ключовий	Прямий	Опосередкований
1.	Pulsar	+		
2.	FLIR		+	
3.	Xintest			+

Висновок: Отже, після отриманих даних ми можемо вважати, що:

- а) Pulsar є ключовим конкурентом
- б) FLIR - Прямим
- в) Xintest - опосередкованим.

Також, не варто забувати про оцінку сил конкурентів. Після проведення досліджень ми визначили наскільки сильніші або слабші конкуренти по відношенню до стартап-проєкту.

таблиця 5.7 - Визначення типу конкурентів

№ з\п	Назва підприємства конкурента	Підтримка	Частка ринку	Висновок
1.	Pulsar	Сильніша	Вища	Сильний
2.	FLIR	Сильніша	На рівні	На рівні
3.	Xintest	На рівні	На рівні	На рівні

Висновок: Отже, після проведених досліджень ми визначили, що Pulsar - є, так званим, флагманом на ринку завдяки своїй відомості та часу проведеному на ринку споживача. При цьому, Flir, що на даний момент має більше фінансування ніж у проєкту займає не таку велику частку ринку, що дозволяє вважати цю компанію рівним конкурентом. Xintest же, не дивлячись на фінансування, що дещо більше ніж в стартапу не випускали нічого нової технології протягом останнього року, що дозволить нам швидко посісти, принаймні, рівне із ними місце на ринку.

Було проведено дослідження щодо приблизного об'єму продаж задля розуміння активності ринку. Далі, визначивши основні фактори, що можуть вплинути на вихід стартап-проєкту на ринок (такі як сертифікація товару, потужність конкурентів та ін.) ми можемо враховувати їх при аналізі запуску продажу системи на ринку збуту. Однак, не варто забувати, що певний час протягом проходження практичних занять було виділено і на аналіз факторів можливостей, що сприятимуть розвитку системи як технічної одиниці.

Таблиця 5.8 — Попередня характеристика потенційного ринку
стартап-проєкту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од.	4
2.	Загальний обсяг продаж, ум.од/час	2000

3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень).	Дана система лінійних вимірювань потребує більших ресурсів та більш високої оптимізації використання
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації.	Потребує сертифікації.
6.	Середня норма рентабельності в галузі (по ринку), %	55

Висновок: дивлячись на кількість основних виробників (гравців) подібних систем, їх собівартості (що є вищою за представлений аналог) та середню норму рентабельності на ринку ми можемо вважати, що за попереднім оцінюванням даний ринок є привабливим для входу.

Основною споживчою аудиторією є збройні сили, що використовуватимуть дану систему для наведення зброї та збору інформації. Однак, подібні системи можуть використовуватися при пошукових операціях, що дасть змогу інтегрувати їх до обладнання рятувальних служб.

Таблиця 5.9 — Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів
1. Відносно низька ціна		Служби, що прагнуть покращити якість обладнання за ціною нижче	Приємна цінова політика, відповідність українським та світовим стандартам, простота керування,

		середньої на ринку	висока якість, висока точність отриманих даних.
2. Мінімізування виникнення похибки людського фактору	Високоточна система вітчизняного виробництва	Служби, що прагнуть мати в озброєнні високоточні системи	
3. Підтримка вітчизняного виробництва		Люди, зацікавлені у вітчизняному виробництві	
4. Розробка та створення системи, що відповідатиме усім високим стандартам за українську ціну		Зацікавлені за менші гроші отримати високоякісний матеріал.	

Висновок: наведена вище інформація вказує на те, що дана система лінійних вимірювань знайде значну кількість покупців та інвесторів. Також, було виявлено потребу ринку завдяки яким даний стартап-проект має можливість вдало вийти на ринок завдяки інвестуванню.

Для того, щоб продукція була конкурентоспроможною на ринку її необхідно просувати шляхом реклами та інших засобів розповсюдження інформації. Також, необхідно розглянути усі можливі загрози, що можуть завадити виходу продукту на ринок та знайти шляхи вирішення даних проблем.

Таблиця 5.10 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Невідомість виробника	Ще не визнаний аудиторією та покупцями продукт	Необхідно поширювати інформацію про товар.
2.	Конкурентоспроможність	Витіснення продукції з ринку іншими виробниками	Побудова коректної маркетингової стратегії та просування товару шляхом поширення реклами.
3.	Збереження секретності технології виробництва	Вірогідність розповсюдження інформації щодо виробництва продукції та алгоритму роботи системи.	Формування спеціального договору про нерозголошення технологій виробництва та роботи системи, що буде підписаний всіма співробітниками.
4.	Різкий ріст рівня інфляції	Знецінення грошових засобів.	Збереження капіталу стартап- проєкту у стабільній валюті (долари, євро і тд)
5	Скорочення доходу споживача	Зниження покупної здатності користувачів	Проведення маркетингових досліджень.

			Пошук нових ринків.
--	--	--	---------------------

Висновок: Отже, ми виявили, що основними можливими проблемами для розвитку продукту на ринку є невідомість даної технології, економічні проблеми, що можуть виникнути навколо, можливість розсекречення технологій та конкурентоспроможність проекту. Також, було описано доступні методи вирішення даних загроз.

В даному розділі були розглянуті усі фактори можливості, що відкриваються на шляху розвитку стартап-проекту та описана реакція компанії задля досягнення даних цілей.

Таблиця 5.11 — Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Поява аналогу закордонним технологіям на ринку	Надання альтернативної продукції власного виробництва, що не поступатиметься закордонним аналогам та матиме перевагу в деяких аспектах.	Обрання елементів системи за більш вигідної ціною; аналіз ринку споживача та надання функціоналу, що потребує покупець.
2.	Новітній продукт	Виведення системи у продаж та зменшення одноосібної “влади” на ринку; надання технології, що зможе задовольнити вирішення проблем у певних сферах.	Розробка нового функціоналу системи та виведення її на ринок.
3.	Розширення асортименту власної продукції	Отримання позитивних відгуків від покупців та високий рівень доходу дозволить розробку новітніх системи для пошукових та військових операції.	Виведення рівню доходу від продукції на високий рівень шляхом представлення реклами та отримання нових контрактів та інвестицій на майбутні розробки.

4.	Отримання зворотнього відгуку від користувачів	Можливість краще розуміти потреби користувачів та отримання інформації щодо стану системи після певного періоду користування.	Запуск шляхів зворотнього зв'язку із покупцем (анкети з відгуками, інтернет-форуми та ін.)
5.	Вихід на закордонний ринок	Можливість поширювати вітчизняну продукцію за кордоном та підняття загального виробничого рівня в Україні.	Виведення проєкту, або ж його прототипу на міжнародні виставкові події. Пошук закордонних інвесторів.

Висновок: система лінійних вимірювань має багато непоганих можливостей при подальшому розвитку, а саме: вихід на закордонний ринок, вдосконалення та розширення продукції та ін. Також, описано можливу реакцію компанії на подібні шляхи розвитку.

В даному розділі було описано ступеневий аналіз конкуренції на ринку. Також, розглянуто тип конкуренції, конкуренцію за видами товару та її інтенсивність. Було визначено можливий вплив на діяльність підприємства.

Таблиця 5.12 — Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції	Олігополія	Поширення вітчизняного товару серед споживачів. Пошук інвесторів для розповсюдження та вдосконалення системи.
2. За рівнем конкурентної боротьби	Більшість аналогів даних систем розробляються компаніями з усіх куточків світу і належать саме	Налагодження маркетингової стратегії для охоплення великої кількості користувачів (аудиторії) шляхом розповсюдження інформації через діджитал-маркетинг (соціальні мережі, пошукові системи, платна реклама в Інтернеті та ін.)

	компаніям () а не державам	
3. За галузевою ознакою	Внутрішньогалузева	Використовується для пошукових та військових операцій
4. Конкуренція за видами товарів	Товарно-родова	Унікальна технологія, власне виробництво, своя маркетингова кампанія.
5. За характером конкурентних переваг	Цінова	Ціна даної системи нижча за закордонні аналоги.
6. За інтенсивністю – марочна/не марочна	Не марочна	Вдосконалення власних новітніх технологій.

Висновок: Дивлячись на можливість розповсюдження продукту на ринку (вважаючи конкурентну ситуацію), можна вважати, що вивід даних лінійної системи на ринок споживача є більш ніж реальною та реалізована задача.

За моделлю Майкла Портера було виявлено сильні позиції компанії, можливість впливу компанії на ринок та тамтешніх гравців і було проведено глибокий аналіз факторів конкуренції.

Таблиця 5.13 — Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Існують	Розмір вкладення капіталу до розвитку продукції та цінова політика	Велика концентрація постачальників	Висока якість продукції, використання новітніх функцій системи	Більша ціна товару
Висновки	Певний рівень боротьби з	Потенційні конкуренти наявні,	Постачальники мають змогу	За наявності попиту на	В даному випадку,

	конкурентами	можливість виходу на ринок	впливати на такі фактори як ціна і швидкість розповсюдження товару на ринку. Тому, вони, певним чином, диктують роботу ринку.	товар дана система буде широко розповсюдженою на ринку.	обмеження відсутні
--	--------------	----------------------------	---	---	--------------------

Висновок: Після проведення аналізу ми виявили можливість роботи на ринку з огляду на ситуацію з конкурентами. Більш того, було приділено увагу до факторів проєкту, що допоможуть системі вдало знаходитися на ринку.

На основі досліджень, результати яких вказані у попередній таблиці, з урахуванням характеристик ідеї проєкту, вимог споживачів до товару та факторів маркетингово і економічного середовища. Далі обґрунтовується фактори конкурентоспроможності.

Таблиця 5.14 — Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Зручність	Зручність використання системи оператором\користувачем.
2	Ціна	Даний фактор напряму залежить від собівартості системи, а отже ціна є нижчою.
3	Якість	Не є нижчою ніж в аналогів на ринку.

Висновок: описані у таблиці фактори вказують на те, що дана система є конкурентно-спроможною порівняно за аналогами та має великі шанси посісти одне з найвищих місць на ринку споживачів.

Враховуючи обґрунтовані фактори конкурентоспроможності ми провели порівняльний аналіз сильних та слабких сторін даної системи порівняно до закордонних аналогів.

Таблиця 5.15 — Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін власного проекту “Система лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи”

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з власною компанією						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Зручність	17			+				
2	Ціна	19	+						
3	Якість	17		+					

Висновок: Рейтинг власного стартап-проекту є вищим завдяки ціновим на якісним характеристикам. Також, він випереджає і деякі аналоги ринку за зручністю використання.

В цій таблиці було проведено SWOT- аналіз, а саме оцінка сильних та слабких сторін стартап-проекту. Були розглянуті ті фактори, що можна використовувати як перевагу над конкурентами і фактори, що можуть нести загрозу при виході на ринок.

Таблиця 5.16 — SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Ціна Зручність використання Якісні характеристики	Слабкі сторони: Відсутність великих капіталовкладень на даному етапі, невідомість на ринку споживача.
Можливості: Забезпечення потреб споживача Розширення асортименту продукції	Загрози: Розкриття таємниці виготовлення та принципу роботи системи

Можливість поширення вітчизняної продукції за кордоном Поява аналогу закордонним технологіям на ринку	Різне зменшення попиту на закордонному ринку
--	---

Висновок: провівши SWOT-аналіз ми визначили, що даний стартап-проект має змогу бути реалізованим на внутрішньому ринку України та навіть за кордоном.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

В даній таблиці було проведено аналіз альтернативного ринкового впровадження стартап-проекту для його впровадження на ринок. Наведені строки реалізації.

Таблиця 5.17 — Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Удосконалення алгоритму роботи системи ляхом польових випробувань	+	9 місяців
2	Представлення проекту в експоцентрах, на міжнародних виставках та ін.	Ресурси, що дозволяють приймати участь у таких заходах (час та гроші) присутні	3-6 місяців
3	Розвиток маркетингової стратегії та рекламної кампанії	+	1,5 року
4	Розширення колективу виробництва	+	1 рік
5	Вихід на закордонний ринок	+	4-5 років

Висновок: альтернативним шляхом є біліші капіталовкладення у рекламну кампанію та маркетингову стратегію. Спеціальні заходи, що були наведені у таблиці 5.17 дозволяють вивести даний стартап-проект на ринок.

Для розроблення ринкової стратегії стартап-проекту в першу чергу необхідно вибрати цільові групи потенційних споживачів та визначити простоту входу на сегмент ринку.

Отже, протягом практичних занять були проведені певні дослідження ринку збуту. Завдяки цьому, ми маємо інформацію щодо основних клієнтів для продажу системи.

Більш того, були визначені розширені сегменти потенційних покупців, а саме: рятувальні служби та групи, що відряджаються на наукові дослідження, що базуються на спостереження.

Також, було визначено основні потреби, які може задовольнити дана система лінійних вимірювань та яку вигоду вона може принести оператору під час користування.

Таблиця 5.18 — Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Військові	Наявна	Висока необхідність	Середня	Легка
2	Пошукові та рятувальні служби	Наявна	Висока необхідність	Середня	Легка
Які цільові групи обрано: усі служби спеціального призначення, що ведуть роботи у нічну пору доби.					

Висновок: Вважаючи результати проведеного аналізу ми можемо вважати, що цільовою групою розповсюдження даної системи являють собою військові, пошукові та рятувальні служби. Дивлячись на стратегію охоплення ринку споживача була обрана стратегія масового маркетингу.

Дивлячись на вище обрані цільові групи споживачів можна провести визначення базової стратегії розвитку стартап-проєкту «Система лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи»

Таблиця 5.19 — Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Служби спеціального призначення	Стратегія лідерства на ринку за собівартістю продукції та витратами	<ul style="list-style-type: none"> – ціна – продуктивність – якість отриманих даних – простота використання – низькі затрати 	Збільшення якості наведення зброї та використання новітніх технологій у пошукових операціях

Висновок: За результатами створеної таблиці можемо побачити стратегію охоплення ринку та конкурентоспроможні позиції для обраної альтернативи розвитку проєкту.

В наступній таблиці буде виконано визначення базової стратегії конкурентної поведінки. Завдяки обраній стратегії конкурентної поведінки компанія має змогу ефективно протистояти конкуренції.

Таблиця 5.20 — Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проєкт «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
----------	--	---	---	--

1	Ні	Буде шукати нових	Ні, адже технологія системи лінійних вимірювань використовує власне ПЗ	Стратегія наслідування лідера
---	----	-------------------	--	-------------------------------

Висновок: Дивлячись на те, що ринок зайнятий, то обрано стратегію наслідування лідера, що дасть змогу використовувати наробки інших компаній для захоплення ринку.

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

З огляду на характеристику потенційних клієнтів стартап-проекту та визначену базову стратегію розвитку можна провести визначення стратегії позиціонування компанії на обраному ринку.

Таблиця 5.21 — Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Дешевизна закупівлі.	Стратегія наслідування лідера	<ul style="list-style-type: none"> – цінова політика – простота використання – точний алгоритм – якість 	<ul style="list-style-type: none"> – зменшення ціни – вітчизняне виробництво – точність
2	Можливість спостереження при умовах обмеженого просторового орієнтування.			
3	Купувати вітчизняне.			
4	Отримати якісний продукт за прийнятною ціною.			

Висновок: за результатом таблиці було обрано ринкову позицію для стартап –проєкту «Система лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи», що дасть змогу споживачам ідентифікувати товар.

У цій таблиці ми описуємо основну потребу споживача до тих чи інших характеристик системи. Також, визначаємо вигоду, яку пропонує товар користувачеві.

Таблиця 5.22 — Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Точний алгоритм	Висока точність оброблення інформації
2	Простота	Простота використання	Не потрібні спеціалізовані сили для використання продукту

Висновок: Провівши аналіз ми визначили, що основними сильними сторонами, які здатні нести вигоду споживачу є точність системи та простота її використання. Також, були описані пє ключові переваги над конкурентами.

В даній таблиці була описана трирівнева маркетингова модель продукту згідно з його характеристиками. Виявлені властивості\характеристики, ідея його фізичні складові. Також, розглянуті особливості процесу надання його користувачу.

Таблиця 5.23 — Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
1.Товар за задумом	ПЗ надає змогу легко використовувати пристрій прицілювання.		
2.Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Нижча за конкурентів ціна	1. М	1.Е
	2. Точність	2.Нм	2.Тх
	3. Простота у використанні	3.Нм	3.Тл
	4. Можливість корегування інтерфейсу	4.Нм	4.Тх
		5.М	5.Вр

	5. Низька зношуваність вузлів системи		
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо Стандартизація відповідно до ДСТУ, ISO. Регламентується НД, СРМ.		
	Пакування присутнє.		
	Марка: назва організації – розробника + назва товару		
Потенційний товар буде захищено від копіювання: патентування, сертифікати відповідності.			

Висновок: Отже, ми виявили, що основними властивостями лінійної системи є її ціна, точність, простота використання, можливість коригування інтерфейсу та низька зношуваність вузлів системи. Також, дані характеристики були класифіковані згідно парвилам.

У цій таблиці ми визначаємо які саме межі цінового діапазону можуть бути присвоєні системі лінійних вимірювань тепловізійної прицільної системи, що описана у дисертації. Дані наведені із розрахунку на один рік користування.

Таблиця 5.24 — Визначення меж встановлення ціни (із розрахунку на 1 рік користування)

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
>4000 грн	15000-70000 грн.	20000 грн	10000-15000 грн

Висновок: Отже, після проведеного аналізу ми визначили рівень ціни аналогів системи, товари замітники та рівень доходів цільової групи споживачів. На основі цього були визначені межі цінового діапазону встановленого відносно стартап-проекту.

В таблиці 5.21 були розглянуті основні варіанти збуту товару та описана специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів. А далі, була визначена оптимальна система продаже (збуту) системи.

Таблиця 5.25 — Формування системи збуту

п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Користувачі можуть самостійно вивчити ПЗ та отримати підтримку щодо користування пристроєм.	Прийняття ризику торгових угод на себе. Дослідження маркетингового впливу на ринок	Канал нульового рівня (прямий маркетинг)	Виставочні центри

Висновок: Отже, розглянувши і проаналізувавши поведінку цільової аудиторії та ринок збуту товару та його аналогів ми визначили, що найкращим місцем для входу на ринок та продовженням розвитку товару на ньому є виставкові центри, де проводяться представлення новітніх технологій озброєння та пошукової техніки.

Фінальною стадією для розробки маркетингової стратегії просування стартап-проєкту є визначення концепції маркетингових комунікацій. Була розглянута специфіка поведінки клієнтів та проведений аналіз каналів комунікації.

Таблиця 5.26 — Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Довіра алгоритмів роботи, що	Мережа інтернет та прямі розмови	Міжособистісні комунікації	Донести простоту у використанні,	Демонстрація можливостей проєкту

	збільшують точність			низьку ціну та точність	
--	------------------------	--	--	----------------------------	--

Висновок: Отже, головною концепцією маркетингової комунікації визначено демонстрацію можливостей проєкту. Це зумовлено обраними каналами комунікації та визначеним завданням рекламного повідомлення. Також, було взято уваги оптимальна система збуту товару.

Результатом цього підрозділу стало створення ринкової(маркетингової) програми, що несе інформацію про цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення

Висновки до розділу

В даному розділі було описано основні технології маркетингової кампанії, проведено аналіз можливості виходу на ринку так конкурентоспроможності. Також було розглянуто можливі альтернативи розвитку проєкту та аналізовано перспективи впровадження стартапу на ринок дивлячись на потенційні груп користувачів та бар'єри входження. Доцільність подальшої імплементації проєкту була також доведена.

Був проведений аудит технології, що являє собою один з основних факторів при реалізації проєкту. Була визначена та описана технологічна здійсненність даної системи.

Також, був проведений глибокий аналіз ринку збуту, а саме: специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів, функції збуту, які має виконувати постачальник товару та глибина каналу збуту. Маючи на руках усі дані ми визначили, що дану системи лінійних вимірювань найкраще представляти на міжнародних виставках служб спеціального призначення (військові, пошукові, наукові), де ми матимемо змогу наочно продемонструвати усі переваги системи відносно закордонних аналогів.

Більш того, був описаний ціновий діапазон товару згідно до платоспроможності цільової аудиторії ринку збуту. Більш того, на дану характеристику впливає середня ціна систем-аналогів. У зв'язку з цим також було проведено дослідження цінової політики товарів-конкурентів.

Дивлячись на приведені вище аналізи можна сказати, що реалізація проекту в межах вітчизняного ринку можлива. Проект є перспективним для його розвитку та розширення на закордонний ринок. Більш того, дана система лінійних вимірювань може використовуватись у пошукових операціях та наукових дослідженнях.

ВИСНОВКИ

В магістерській дисертації було виконано усі надані завдання. В першій частині роботи було описано усі можливі рішення, що можуть бути застосовані для вирішення проблем окремих вузлів системи, а саме: тепловізор, блок живлення, оціночна плата, камера та дисплей керування.

Завдяки цьому, у другому розділі дисертації ми мали змогу оцінити та обґрунтувати обрані рішення щодо функціонування блоків підсистеми лінійних вимірювань.

Наступним кроком, було створення функційної схеми підсистеми. Основною метою даного розділу було описання принципу роботи підсистеми лінійних вимірювань та ознайомлення користувача із перевагами, які вона надає під час ведення польових випробувань або військових дій.

Після цього, було детально описано під'єднання та функціонування окремих блоків, а саме головного елементу підсистеми - мікропроцесора ADV8003KBCZ-8C. Також, були наведені принципові електричні схеми із зображеними на них точками входу та виходу.

Окремим розділом було описано можливі похибки вимірювань, а саме: похибки балістичних таблиць, тепловізора та лазерного далекоміра. Були описані причини виникнення неточностей вимірювання та шляхи їх обчислення задля зменшення впливу певних факторів на кінцевий результат.

Фінальною частиною даної магістерської дисертації було описання підсистеми лінійних вимірювань з точки зору стартап-проєкту. Після описання основної ідеї проєкту була розроблена маркетингова стратегія виходу на ринок, описаний технологічний аудит проєкту та можливість запуску стартапу на ринок.

Загалом, можна визначити, що протягом написання магістерської дисертації було отримано необхідні знання та навички, що дозволяють

проектувати та розробляти подібні складні системи, що можуть бути інтегровані до тепловізійної прицільної системи.

Список використаних джерел

- [1] «Парадигма развития науки. Часть 4. Системы тепловидения как расширяющие средства зрения» А.Е. Кононюк 2012
- [2] Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники, М.: Советское радио, 1978, - с. 400
- [3] Виды аккумуляторов URL: <https://foton.ua/faq/vidy-akkumulyatorov.html>
- [4] 10-Bit, 4× Oversampling SDTV Video Decoder URL: <https://ru.mouser.com/datasheet/2/609/ADV7180-1503760.pdf>
- [5] ADV7180 Datasheet URL: <https://ru.mouser.com/datasheet/2/609/ADV7180-1503760.pdf>
- [6] Виды мониторов URL: <https://monitor4ik.com/stati/vsyo-pro-matritsy-monitora-tn-ips-pls-va-mva-oled/>
- [7] Как устроен и работает аккумулятор URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/1521-kak-ustroen-i-rabotaet-akkumuljator.html>
- [8] Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
- [9] Гавриш, О. А., Бояринова К. О., Копішинська К. О. Розробка стартап-проектів. Конспект лекцій : навчальний посібник для студентів спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 188 с.
- [10] Гавриш, О. А., Бояринова К. О., Копішинська К. О. Розробка стартап-проектів: практикум: навчальний посібник для студентів спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»; КПІ ім. Ігоря

Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 2,11 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 116 с.

[12] ADV8003 Datasheet URL:

<https://www.analog.com/ru/products/adv8003.html>